

## UNIVERSITE MONTPELLIER 2- Habilitation à Diriger les Recherches

Ecologie et contrôle des glossines & Epidémiologie des Trypanosomoses Animales Africaines



Bouyer Jérémy, CIRAD - Département Systèmes Biologiques - UMR15 CIRAD/INRA  
Contrôle des maladies animales exotiques et émergentes -  
Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA)  
Laboratoire National d'Elevage et de Recherches Vétérinaires (LNERV)  
Service de Parasitologie  
BP: 2057, Dakar – Hann  
Sénégal

Proposition de jury :

**Prof G. DUVALLET**, Université Montpellier 3 - France

**Dr. R. DE DEKEN**, Institut de Médecine Tropicale d'Anvers - Belgique

**Prof P. DORCHIES**, Ecole Nationale Vétérinaire Toulouse - France

**Prof B. GODELLE**, Université Montpellier 2 - France

**Dr. G. CUNY**, Institut de Recherche pour le Développement - France

**Prof J.-A. RIOUX**, Grabels - France

## Table des matières

<b>1. Curriculum Vitae</b>	<b>4</b>
1.1. Etat civil	4
1.2. Adresse	4
1.3. Formation	4
1.4. Cursus professionnel	5
1.5. Compétences	5
1.6. Régions d'expérience	5
1.7. Manifestations/Initiatives Scientifiques	5
1.8. Distinctions	5
1.9. Sociétés savantes	6
1.10. Expertise	6
<b>2. Liste des publications</b>	<b>7</b>
2.1. Thèse vétérinaire, DEA, Thèse	7
2.2. Ouvrages, chapitres d'ouvrage	7
2.3. Publications scientifiques de rang A (revues internationales à comité de lecture)	8
2.4. Communications Orales Invitées	10
2.5. Communications orales et affichées dans des congrès ou réunions internationales	10
2.6. Autres publications, Vulgarisation, autres supports	15
<b>3. Liste des stages encadrés et formations dispensées</b>	<b>19</b>
3.1. Formations courtes	19
3.2. Formations longues	19
<b>4. Bilan des activités de recherche</b>	<b>25</b>
4.1. Ecologie des glossines riveraines	26
4.1.1 Caractérisation des habitats favorables	26
4.1.2 Cartographie des habitats favorables et des densités apparentes de glossines	27
4.2. Dispersion et structure des populations	28
4.3. Comportement trophique	29
4.3.1 Apprentissage	29
4.3.2 Tropisme d'attaque	31
4.4. Epidémiologie des TAA	32
4.5. Contrôle des glossines	35
4.5.1 Méthodes de lutte	35
4.5.2 Etudes de faisabilité et stratégies de lutte	37
4.5.2.1 Définition de la distribution d'une population cible	40
4.5.2.2 Degré d'isolement d'une population cible	42

<b>5. Présentation d'un Projet de Recherche : « Dynamique spatio-temporelle des metapopulations de glossines et optimisation de la lutte anti-vectorielle ».....</b>	<b>44</b>
<b>5.1. Introduction.....</b>	<b>44</b>
<b>5.2. Objectifs.....</b>	<b>45</b>
<b>5.3. Matériel et Méthodes .....</b>	<b>45</b>
5.3.1 Dynamique des paysages fragmentés .....	45
5.3.2 Enquêtes entomologiques .....	47
5.3.2.1 Cartes de distribution .....	47
5.3.2.2 Suivis démographiques .....	47
5.3.2.3 Protocoles de lâcher/marquage/recapture.....	48
5.3.3 Etudes génétiques .....	50
5.3.3.1 Zone des Niayes.....	50
5.3.3.2 Région Ouest-Africaine .....	50
5.3.4 Modèle de dynamique des populations.....	51
<b>5.4. Considérations éthiques .....</b>	<b>52</b>
<b>5.5. Faisabilité.....</b>	<b>52</b>
5.5.1 Moyens humains.....	52
5.5.2 Moyens matériels et sources de financement.....	53
5.5.3 Risques .....	54
<b>5.6. Organisation du projet .....</b>	<b>55</b>
<b>6. Références citées dans le bilan et le projet de recherche .....</b>	<b>55</b>
<b>7. Liste des publications jointes au document .....</b>	<b>61</b>
<b>8. Bilan et réflexions sur les activités de formation et d'encadrement de la recherche ....</b>	<b>62</b>
<b>9. Choix de publications représentatives jointes au document .....</b>	<b>62</b>

## **1. Curriculum Vitae**

### **1.1. Etat civil**

Jeremy BOUYER  
Né le 04/09/77 à Bois-Bernard (Pas de Calais)  
Nationalité française  
Marié, deux enfants

### **1.2. Adresse**

Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA), Laboratoire National d'Elevage et de Recherches Vétérinaires (LNERV), Service de Parasitologie

BP: 2057 Dakar – Hann Sénégal

Tel: + (221) 33      Fax: + (221) 33 832 36 79

Port: + (221) 77 184 30 70    E-mail: [bouyer@cirad.fr](mailto:bouyer@cirad.fr)

### **1.3. Formation**

**1995:** Baccalauréat Série S, Lycée Charles Gide d'Uzès, Mention TB

**1996 :** Concours d'entrée aux écoles vétérinaires après préparation au Lycée Marcelin Berthelot de St Maur des Fossés, rang 13

**2001 :** Doctorat Vétérinaire, Ecole nationale vétérinaire d'Alfort

**2001 :** Certificat d'études approfondies vétérinaires en pathologie tropicale en régions chaudes (Ecole nationale vétérinaire de Toulouse et Cirad-Emvt)

**2002 :** Diplôme d'épidémiologie animale appliquée (Ecole nationale vétérinaire d'Alfort)

**2002 :** Master de Parasitologie (Université Montpellier II)

**2006 :** Doctorat de Parasitologie (Entomologie médicale) (Université Montpellier II)

#### **1.4. Cursus professionnel**

- **2001-2009:** Chargé de Recherches en écologie et contrôle des vecteurs au Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD), Département « Systèmes biologiques », dans 3 UR successives (Programme Econap, UR Ecologie et épidémiologie des maladies animales, et UMR « Contrôle des maladies animales exotiques et émergentes »).
- **2002-2006:** Chercheur CIRAD basé au Centre international de recherche sur l'Elevage en zone sub-humide (CIRDES), à Bobo-Dioulasso, 01 BP 454, Burkina Faso, dans l'unité de recherche sur l'élevage et l'environnement (UREEN)
- **2006-2008 :** Responsable de l'Unité de Recherche sur l'élevage et l'environnement au CIRDES (3 chercheurs, 3 techniciens, 1 CSN)
- **depuis 2009 :** Chercheur CIRAD basé à l'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles - Laboratoire National d'Elevage et de Recherches Vétérinaires (ISRA-LNERV), à Dakar, BP 2057, Sénégal. Conseillé scientifique du programme national d'élimination des glossines dans les Niayes. Chef de l'équipe vecteur (7 chercheurs, 3 techniciens) de l' UMR15 CIRAD/INRA Contrôle des maladies animales exotiques et émergentes.

#### **1.5. Compétences**

Ecologie et contrôle des vecteurs, en particulier des glossines

Utilisation des bioindicateurs comme outils de suivi de la dégradation des écosystèmes de savane

Inventaires entomologiques

#### **1.6. Régions d'expérience**

Afrique sub-saharienne : Burkina Faso, Sénégal (longue durée) ; Guinée, Tchad, Bénin, Niger (courtes durées).

Océan indien : Réunion (courte durée)

Europe : France (Montpellier), Autriche (Vienne)

#### **1.7. Manifestations/Initiatives Scientifiques**

Membre du réseau LTTRN (Leverhulme Trust Tsetse Research Network, réseau d'appui au PATTEC par la recherche en Génétique des populations), des éditions Magellanes (société de publications entomologiques).

Président de Session « African Trypanosomosis », MEEGID7/EMOP, Valencia, Espana, juillet 2004.

Participation aux Comités scientifiques du projet ARDESAC (Afrique centrale).

Membre du comité éditorial de « The Open Conservation Journal ».

#### **1.8. Distinctions**

**2007 :** Prix spécial d'entomologie médicale de la Société Française de Parasitologie pour la thèse doctorale intitulée « Ecologie des glossines du Mouhoun au Burkina Faso : intérêt pour l'épidémiologie et le contrôle des trypanosomoses africaines ».

### **1.9. Sociétés savantes**

Membre du bureau de la Société Française de Parasitologie (SFP), animateur du Club Jeunes de la SFP.

Membre de l'Office pour les insectes et leur Environnement (OPIE, INRA).

### **1.10. Expertise**

Relecteur scientifique pour les revues : Acta Tropica, Belgian Journal of Entomology, Medical and Veterinary Entomology, Plos Tropical Neglected Diseases, Revue d'Elevage et de Médecine vétérinaire des Pays tropicaux, The Open Conservation Journal, Veterinary Parasitology.

Relecteur scientifique pour les réponses aux appels d'offres de la Royal Society of London, du Medical Research Council (MRC), de l'ANR et Bando Ricerca Finalizzata (Ministère de la santé Italien).

2003-2004 Inventaire entomologique pour le parc du W pour le programme ECOPAS (45j)

2004 Développement de bioindicateurs de gestion des aires périphériques du parc W pour le programme ECOPAS (10j)

2006-2007 Missions d'appui au Programme National de Lutte contre la Trypanosomiase Humaine Africaine pour organiser une campagne de lutte contre les glossines dans les îles de Loos dans le cadre du LTTRN (21j)

2006-2007 Appui à l'élaboration d'un plan de lutte contre les trypanosomoses animales et leurs vecteurs pour le projet PAEOB, Burkina Faso (17j)

2007 Inventaire entomologique de la forêt classée du Kou pour le projet BKF 0012, Burkina Faso (7j)

2007 Inventaire entomologique du point triple (Burkina-Bénin-Niger) du parc W pour le programme ECOPAS (8j)

2007-2008 Appui à la Direction des Services Vétérinaires du Sénégal pour l'élaboration d'un plan national d'élimination des glossines dans la zone des Niayes (SEN/5/029) pour l'AIEA (Agence Internationale pour l'Energie Atomique) (36j)

2008 Appui au projet SEN/5/029, développement d'un modèle de dynamique des populations avec le Dr. Steven Peck (Brigham Young University), renforcement de la collaboration CIRAD-IRD-IAEA pour l'AIEA (3 mois)

Depuis décembre 2008, Appui technique permanent au projet d'élimination des glossines dans la zone des Niayes SEN/5/029

### **Autres informations**

Coordination et finalisation du projet Wellcome Trust Fragfly WT075824MF (2005-2009) « Environmental changes in Africa and tsetse habitat fragmentation: epidemiological consequences and perspectives for control » en 2008-2009, après y avoir participé depuis 2005. Entretien du site web du projet (<http://wt-fragfly.cirad.fr>). Projet de 500 000 Euros coordonné par le cirad et regroupant le CIRDES, l'IMT Anvers, l'Université d'Oxford, Avia-GIS, et l'Université de Pretoria ayant abouti à 14 publications de rang A.

## 2. Liste des publications

### 2.1. Thèse vétérinaire, DEA, Thèse

Bouyer, J. (2002) Epidémiologie et modélisation : Exemple de la fièvre de la vallée du Rift au Sénégal. Toulouse, France, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, 74 p. Thèse de doctorat vétérinaire.

Bouyer, J. (2002) Etude de la distribution des glossines dans un bassin en transformation : cas du Mouhoun au Burkina Faso. Master de Parasitologie. Université Montpellier II - Sciences et techniques du Languedoc -, Montpellier.

Bouyer J. (2006) Ecologie des glossines du Mouhoun au Burkina Faso : intérêt pour l'épidémiologie et le contrôle des trypanosomoses africaines. Thèse doctorale de Parasitologie (Entomologie médicale). Université Montpellier II. 212p.

### 2.2. Ouvrages, chapitres d'ouvrage

1. Guerrini, L., I. Sidibé, and **J. Bouyer**. (2009). Tsetse distribution in the Mouhoun river basin (Burkina Faso): the role of global and local geospatial datasets, pp. 41-52. In FAO [ed.], Geo-spatial datasets and analyses for an environmental approach to African trypanosomiasis. PAAT Position paper n°9. FAO, Rome.

2. **Bouyer, J.**, P. Solano, D. Cuisance, J. Itard, J.-L. Frézil, and E. Authié. Trypanosomosis: Control methods., P.-C. Lefèvre, J. Blancou, R. Chermette and G. Uilenberg [eds.], Infectious and parasitic diseases of livestock. Éditions Lavoisier (Tec & Doc) Paris (2010), in press.

3. Solano, P., **Bouyer, J.**, Itard, J. and D. Cuisance. Cyclical vectors of trypanosomosis. In press. In: Infectious and parasitic diseases of livestock, Chapter 012, P.-C. Lefèvre, J. Blancou, R. Chermette and G. Uilenberg [eds.]. Éditions Lavoisier (Tec & Doc) Paris (2010), in press.

4. Bentaleb, R., **J. Bouyer**, E. Camus, G. Charbonnier, H. Karembé, S. De la Rocque, J.-F. Debernard, G. Duvallet, J.-L. Jacquemin, M. Launois, G. Laveissière, and A. Thioux. 2007. Le journal intime d'une mouche tsé-tsé. CIRAD, Montpellier.

5. **Bouyer, J.**, A. Sibert, M. Desquesnes, D. Cuisance and S. de La Rocque. (2007). A model of diffusion of *Glossina palpalis gambiensis* (Diptera: Glossinidae) in Burkina Faso. 221-228. In M.J.B. Vreysen, Robinson A.S. and J. Hendrichs. Area-wide Control of Insect Pests. From Research to Field Implementation. Springer, Dordrecht, The Netherlands.

6. Hunter A., Uilenberg G. (collab.), Meyer C. (collab.), Bourdoiseau G. (collab.), **Bouyer J.** (collab.), Chantal J.H. (collab.), Dorchie P. (collab.), Faye B. (collab.), Richard D. (collab.), Roger F. (collab.), Stachurski F. (collab.), Tillard E. (collab.) (2006) La santé animale. 2, Principales maladies. Versailles : Ed. Quae, 2006, 312 p. (Agricultures tropicales en poche) Prix de l'Académie vétérinaire de France 2008.

### 2.3. Publications scientifiques de rang A (revues internationales à comité de lecture)

2010

1. \*<sup>1</sup>Koné, N., Ngoran, E.K., Sidibé, I., Kombassere, A.W. and **J. Bouyer**. Spatio-temporal distribution of tsetse (Diptera: Glossinidae) and other biting flies (Diptera: Tabanidae and Stomoxyinae) in the Mouhoun River Basin, Burkina Faso. *Med and Vet Entomol* : accepté avec modification.
2. \*Fall, A.G., Diaïté, A., Etter, E., **Bouyer, J.**, Ndiaye, T.D. and Konaté, L. *Aedes vexans arabiensis* (Diptera, Culicidae), probable vector bridging West Nile virus between horses and birds in Barkedji (Ferlo, Senegal). *Med and Vet Entomol* : accepté avec modification.
3. César, J., **Bouyer, J.**, Granjon, L., Akoudjin, M. and Guerrini, L. Les relictas forestières de la falaise de Banfora au voisinage de Bobo-Dioulasso (Burkina-Faso) 1. Un peuplement original. *Bois et forêt des tropiques* : in press.
4. \*Gimonneau, G., **J. Bouyer**, S. Morand, A. Diabate, and F. Simard. 2010. Does predation contribute to habitat segregation between the M and S forms of the African malaria mosquito, *Anopheles gambiae*? *Behavioral Ecology* : in press.
5. **Bouyer, J.**, M. T. Seck, B. Sall, L. Guerrini, and M. J. B. Vreysen. 2010. Stratified entomological sampling in preparation of an area-wide integrated pest management programme: the example of *Glossina palpalis gambiensis* in the Niayes of Senegal. *J. Med. Entomol.* 47(4): 543-552.
6. Seck, M. T., **J. Bouyer**, B. Sall, Z. Bengaly, and M. J. B. Vreysen. 2010. The prevalence of African animal trypanosomoses and tsetse presence in Western Senegal. *Parasite*: in press.
7. Solano, P., D. Kaba, S. Ravel, N. Dyer, B. Sall, M. J. B. Vreysen, M. T. Seck, H. Darbyshir, L. Gardes, M. J. Donnelly, T. de Meeûs, and **J. Bouyer**. 2010. Tsetse population genetics as a tool to choose between suppression and elimination: the case of the Niayes area in Senegal. *PLoS Negl Trop Dis*: 4(5): e692. doi:10.1371/journal.pntd.0000692.
8. Sedda, L., L. Guerrini, **J. Bouyer**, N. Koné, and D. J. Rogers. 2010. Spatio-temporal modelling of *Glossina palpalis gambiensis* and *Glossina tachinoides* apparent densities in fragmented ecosystems of Burkina Faso. *Ecography* in press.
9. Van den Bossche, P., de La Rocque, S., Hendrickx, G., **Bouyer, J.**, 2010, A changing environment and the epidemiology of tsetse-transmitted livestock trypanosomiasis. *Trends Parasitol.*, 26(5): 236-243.
10. **Bouyer, J.**, S. Ravel, L. Guerrini, J. P. Dujardin, I. Sidibé, M. J. B. Vreysen, P. Solano, and T. De Meeûs. 2010. Population structure of *Glossina palpalis gambiensis* (Diptera: Glossinidae) between river basins in Burkina-Faso: consequences for area-wide integrated pest management. *Inf. Gen. Evol.* 10: 321-328.

---

<sup>1</sup> Les publications précédées d'un astérisque sont celles des étudiants que j'ai encadrés ou dont j'ai participé à l'encadrement (voir ci-dessous).



11. \*Kone N., de Meeus T., **Bouyer J.**, Ravel S., Guerrini L., Ngoran E. & Vial L. (2010) Population Structuring of *Glossina tachinoides* (Diptera:Glossinidae) According to Landscape Fragmentation in the Mouhoun River Basin, Burkina Faso. *Med. Vet. Entomol.* 24: 162–168.

## 2009

12. **Bouyer, J.**, T. Balenghien, S. Ravel, L. Vial, I. Sidibé, S. Thévenon, P. Solano, and T. De Meeûs. 2009b. Population sizes and dispersal pattern of tsetse flies: rolling on the river? *Molecular Ecology*, 18: 2787–2797.

13. **Bouyer J.**, Stachurski F., Gouro A. & Lancelot R. (2009) Control of bovine trypanosomosis by restricted application of insecticides to cattle using footbaths. *Vet. Parasitol.*, 161: 187-193.

14. \*Kagbadouno, M., M. Camara, **J. Bouyer**, J. P. Hervouet, V. Jamonneau, and P. Solano. 2009. Tsetse elimination: its interest and feasibility in the historical sleeping sickness focus of loos islands, Guinea. *Parasite* 16 (1): 29-35.

15. Solano P., Ravel S., **Bouyer J.**, Camara M., Kagbadouno M.S., Dyer N., Gardes L., Herault D., Donnelly M.J. & De Meeûs T. (2009) The population structure of *Glossina palpalis gambiensis* from island and continental locations in coastal Guinea. *Plos Neglected Tropical diseases*, 3(3): e292.

## 2008

16. Solano P., Ravel S., **Bouyer J.**, Camara M., Kagbadouno M.S., Dyer N., Gardes L., Herault D., Donnelly M.J. & De Meeûs T. (2009) The population structure of *Glossina palpalis gambiensis* from island and continental locations in coastal Guinea. *Plos Neglected Tropical diseases*, 3(3): e392.

17. \*Guerrini, L., J. P. Bord, E. Ducheyne, and **J. Bouyer**. 2008. Fragmentation analysis for prediction of suitable habitat for vectors: the example of riverine tsetse flies in Burkina faso. *J. Med. Entomol.* 45(6): 1180-1186.

18. Desquesnes, M., F. Biteau-Coroller, **J. Bouyer**, M. L. Dia, and L. D. Foil. 2008. Development of a mathematical model for mechanical transmission of trypanosomes and other pathogens of cattle transmitted by tabanids. *Int. J. Parasitol.* 39 : 333-346.

19. **Bouyer, J.** 2008. Does isomethamidium chloride treatment protect tsetse flies from trypanosome infections during SIT campaigns? *Med. Vet. Entomol.* 22(2): 140-144.

20. Dia, M. L., M. Desquesnes, S. Hamadou, **J. Bouyer**, W. Yoni, and A. S. Gouro. 2008. Piège Tétra: Evaluation d'un modèle de petite taille pour la capture des vecteurs des trypanosomoses animales. *Revue de Médecine Vétérinaire* 159: 17-21.

## 2007

21. **Bouyer, J.**, Ravel, S., Vial, L., Thévenon, S., Dujardin, J.-P., de Meeus, T., Guerrini, L., Sidibé, I., Solano, P. 2007. Population structuring of *Glossina palpalis gambiensis* (Diptera: Glossinidae) according to landscape fragmentation in the Mouhoun river, Burkina Faso. *J. Med. Entomol.* 44(5): 788-795.

22. **Bouyer, J.**, Y. Sana, Y. Samandougou, J. César, L. Guerrini, C. Kabore-Zoungana and D. Dulieu. 2007. Identification of ecological indicators for monitoring ecosystem health in the trans-boundary W Regional park : a pilot study. *Biological conservation* 138: 73-88.
23. **Bouyer, J.**, Stachurski, F., Kaboré I., Bauer, B., Lancelot, R. 2007. Tsetse control in cattle from pyrethroid footbaths. *Prev. Vet. Med.* 78 : 223-238.

## 2006

24. **Bouyer, J.**, Pruvot, M., Bengaly, Z., Guerin, PM., Lancelot, R. 2006. Learning influences host preference in tsetse flies. *Biol. Letters* 3 : 113-116.
25. **Bouyer J.**, Guerrini L., Desquesnes M., de la Rocque S. and Cuisance D. 2006 Mapping African Animal Trypanosomosis risk from the sky. *Veterinary Research*, 37 (5): 633-645.
26. Camara, M., H. Harling Caro-Riaño, S. Ravel, J.-P. Dujardin, J.-P. Hervouet, T. de Meeüs, M. S. Kagbadouno, **J. Bouyer** and P. Solano. 2006. Genetic and morphometric evidence for isolation of a tsetse (Diptera: Glossinidae) population (Loos islands, Guinea). *Journal of Medical Entomology* 43(5): 853 - 860.

## 2005

27. **Bouyer, J.**, Guerrini L., César J., de la Rocque S. and Cuisance D. 2005. A phytosociological analysis of the distribution of riverine tsetse flies in Burkina Faso. *Med. Vet. Entomol.* 19: 372-378.

### 2.4. Communications Orales Invitées

1. **Bouyer, J.** 2007. Ecologie des glossines du Mouhoun au Burkina Faso : intérêt pour l'épidémiologie et le contrôle des trypanosomoses africaines, Congrès de la Société Française de Parasitologie. SFP, Faculté de Médecine de Nice, 13 et 14 décembre 2007.
2. de La Rocque, S., J. F. Michel, **J. Bouyer**, G. De Wispelaere and D. Cuisance. (2005). Geographical Information Systems in parasitology: a review of potential applications using the example of animal trypanosomosis in West Africa. *Parassitologia* 47: 97-104.

### 2.5. Communications orales et affichées dans des congrès ou réunions internationales

## 2010

**Bouyer, J.**, M. Desquesnes & L. Touratier. Risque d'introduction des Trypanosomoses animales en France. Congrès de la SFP, Angers, 19-21th May 2010.

\*Akoudjin, M., Kiéma, S., Michel, B., Sangaré, M., **Bouyer J.**, 2010. Identification des bio-indicateurs d'anthropisation et de variation climatique le long du gradient d'aridité sud-nord du Burkina Faso. Conférence CSE « Adaptation aux impacts du changement climatique : quelles stratégies d'échanges et de partage de l'information scientifique ? ». Dakar, 06-08 Juillet 2010.

## 2009

\*Akoudjin, M., César J., Kombasséré W. A. and **Bouyer J.**, 2009. Validation of fruit feeding insects as ecological indicators in savannah areas. Ouagadougou, 23 Juillet 2009. Conférence AMMA. Poster.

Michel, B., **Bouyer J.**, César J., Sangaré, M. Biological models as indicators of environmental changes in Sub-Saharan Africa. Ouagadougou, 23 Juillet 2009. Conférence AMMA. Poster.

**Bouyer, J.**, Seck, M.T., Low, M., Sall. B., Ndiaye, E.Y., Guerrini, L., Vreysen, M.J.B. Entomological baseline data collection in preparation for a tsetse elimination campaign in the Niayes of Senegal. 30th ISCTRC Meeting. Kampala, Uganda, 21-25th Sept. 2009.

\*Koné, N., N'Goran, E.Z., Sidibé, I. Kombasséré, A.W., **Bouyer, J.** Seasonal dynamics of tsetse (Diptera: Glossinidae) and other biting flies (Diptera: Tabanidae and Stomoxinae) in the Mouhoun river basin, Burkina Faso. 30th ISCTRC Meeting. Kampala, Uganda, 21-25th Sept. 2009.

## **2008**

**Bouyer, J.**, Akoudjin, M., Guerrini, L., Cesar, J. Intérêt des bioindicateurs pour l'évaluation des interactions climat – agriculture - environnement. Conférence internationale sur la démographie, les changements climatiques et les maladies vectorielles en Afrique de l'Ouest. Ouidah 24-27th November 2008.

Vreysen, M.J.B., **J. Bouyer**, and J. Hendrichs. Climate change, globalisation and area-wide integrated pest management. Conférence internationale sur la démographie, les changements climatiques et les maladies vectorielles en Afrique de l'Ouest. Ouidah 24-27th November 2008.

Dia, M. L., Desquesnes, M., **Bouyer, J.**, Gouro, A. Impact des changements climatiques sur la transmission vectorielle des trypanosomoses animales. Conférence internationale sur la démographie, les changements climatiques et les maladies vectorielles en Afrique de l'Ouest. Ouidah 24-27th November 2008.

\*Guerrini, L., Sidibé, I., **Bouyer, J.** Evolution des précipitations annuelles et impact sur l'aire de distribution des glossines riveraines dans le bassin du Mouhoun, Burkina Faso. Conférence internationale sur la démographie, les changements climatiques et les maladies vectorielles en Afrique de l'Ouest. Ouidah 24-27th November 2008.

Seck, M.T., Sall, B., Guerrini, L., **Bouyer, J.** Evolution des précipitations annuelles et impact sur l'aire de distribution des glossines riveraines au Sénégal. Conférence internationale sur la démographie, les changements climatiques et les maladies vectorielles en Afrique de l'Ouest. Ouidah 24-27th November 2008.

**Bouyer, J.**, P. Solano, Z. Bengaly & R. Lancelot Impact potentiel de l'apprentissage sur la transmission des pathogènes : l'exemple de la maladie du sommeil Atelier " Biologie des interactions vecteur-agent pathogènes " Montpellier - Cirad-Lavalette - 6 et 7 novembre 2008.

De Meeûs T., **Bouyer J.**, Bucheton B., Cuny G., Gardes L., Jamonneau V., Koffi M., Ravel S. & Solano P. Human African Trypanosomosis in Western Africa: tackling the population biology of trypanosomes and tsetse flies through population genetics and connecting the dots. Meegid IX Congress, Irvine 30th October-1st November 2008.

**Bouyer, J.**, N. Koné, L. Guerrini, L. Vial, S. Ravel, I. Sidibe, P. Solano, and T. De Meeûs. 2008a. Habitat, distribution and structure of riverine tsetse populations of the Mouhoun river basin in Burkina Faso: implications for control campaigns. In SFP [ed.], Xth European multicolloquium of parasitology, Paris.

**Bouyer, J.**, B. Sall, M. T. Seck, S. Ravel, D. Kaba, L. Guerrini, L. Gardes, M. Vreysen, and P. Solano. 2008b. Use of satellite and microsatellites to design Area-Wide tsetse control campaigns: the example of Senegal. In SFP [ed.], Xth European multicolloquium of parasitology, Paris.

\*Métras, R., **J. Bouyer**, H. Vitouley, N. Koné, and R. Lancelot. 2008. (Poster) Impact of landscape fragmentation and season on cattle trypanosomosis, in the Mouhoun river basin, Burkina Faso. In SFP [ed.], Xth European multicolloquium of parasitology, Paris.

**Bouyer, J.**, Y. Sana, Y. Samandoulougou, A. Massouroudini, J. Cesar, L. Guerrini, C. Kabore-Zoungana, and D. Dulieu. 2008. Intérêt des bioindicateurs pour l'évaluation des interactions climat - agriculture - environnement. In CIRDES [ed.], Atelier sous-régional sur l'élevage et le changement climatique en Afrique de l'Ouest, Niamey.

César, J., M. Akoudjin and **J. Bouyer**. 2008. Mutations agro-sylvo-pastorales autour de Bobo-Dioulasso et de la falaise de Banfora. In CIRDES [ed.], Atelier sous-régional sur l'élevage et le changement climatique en Afrique de l'Ouest, Niamey.

Guerrini, L., B. Coulibaly, I. Sidibé, A. S. Gouro, and **J. Bouyer**. 2008. Evolution des précipitations annuelles et impact sur l'aire de distribution des glossines dans le bassin du Mouhoun, Burkina Faso. In CIRDES [ed.], Atelier sous-régional sur l'élevage et le changement climatique en Afrique de l'Ouest, Niamey.

## 2007

Solano P., **J. Bouyer**, S. Ravel, J.P. Dujardin, M. Camara, D. Kaba, I. Sidibé, M. Kagbadouno, G. Cuny & T. de Meeüs (2007). Population genetics of *Glossina palpalis* s.l. in West Africa : implications for control. 29th ISCTRC meeting, Luanda, Angola, 01-05/10/2007.

Camara M., S.M. Kagbadouno, **J. Bouyer**, J.P. Hervouet, , M.F. Onikoyamou, D. Kaba & P.Solano (2007). Baseline data collection for tsetse elimination on Loos islands, Guinea. 29th ISCTRC meeting, Luanda, Angola, 01-05/10/2007.

**Bouyer, J.** 2007. Ecologie des glossines du Mouhoun au Burkina Faso : intérêt pour l'épidémiologie et le contrôle des trypanosomoses africaines, Congrès de la Société Française de Parasitologie. SFP, Faculté de Médecine de Nice, 13 et 14 décembre 2007.

Ravel S., **J. Bouyer**, J.P. Dujardin, T de Meeüs, L. Vial, S. Thévenon, L. Guerrini, I. Sidibé, P.Solano (2007). Etude de la structure des populations de glossines pour un meilleur contrôle des trypanosomoses : Intérêt de l'utilisation du séquenceur automatique Licor. Symposium ouest africain sur les Biotechnologies, CIRDES Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 05-07/02/2007.

Solano P., Camara M., Kagbadouno M., **Bouyer J.**, Hervouet J.P., Ravel S. & Schofield C.J. (2007). Campagne d'élimination des tsé-tsé sur les îles de Loos. LTTRN meeting, Kassa (Rép Guinée), 09-14 déc 2007

Camara M., Caro-Riano H., Ravel S., Dujardin J.P., Hervouet J.P., de Meeüs T., Kagbadouno M., **Bouyer J.** & Solano P (2007). La morphométrie géométrique et les marqueurs microsatellites diagnostiquent l'isolement d'une population de tsé-tsé (îles de Loos, Guinée). Congrès d'épidémiologie tropicale ADELFI, Ouidah, Bénin, 22-25/01/2007. Communication affichée.

**Bouyer, J.**, F. Stachurski, I. Kaboré, B. Bauer, A. S. Gouro, and R. Lancelot. 2007. Pyrethroid footbaths against tsetse: a new control technique. 29th ISCTRC Conference. ISCTRC, Luanda, 1st-5th Oct. 2007.

\*Guerrini, L., and **J. Bouyer**. 2007. A river-based model to predict riverine tsetse densities. 29th ISCTRC Conference. ISCTRC, Luanda, 1st-5th Oct. 2007.

**Bouyer, J.** and L. Guerrini (2007) Mapping vector borne diseases risk using the entomological inoculation rate: the example of African animal trypanosomoses. The 12th International Conference of AITVM, Montpellier, AITVM, CIRAD, 19-22 août 2007.

## 2006

**Bouyer J.**, Ravel Sophie, Vial L., Thévenon S., Dujardin Jean-Pierre, Guerrini L., Sidibé I., Solano Philippe. Structuration of tsetse (Diptera : Glossinidae) metapopulations according to landscape fragmentation in Burkina Faso. In : Tibayrenc Michel (ed.). MEEGID 8 : 8th international meeting on molecular epidemiology and evolution genetics in infectious diseases. Atlanta (USA) ; Bangkok : CDC ; IRD, 2006, p. 72. International Meeting on Molecular Epidemiology and Evolutionary Genetics in Infectious Diseases, 8., Bangkok (THA), 2006/11/30 ; 2006/12/02

## 2005

**Bouyer, J.**, A. Sibert, M. Desquesnes, D. Cuisance and S. de La Rocque (2005) A model of diffusion of *Glossina palpalis gambiense* (Diptera: Glossinidae) in Burkina Faso. International Conference on Area-Wide Control of Insect Pests: Integrating the Sterile Insect and Related Nuclear and Other Techniques, Vienna, Austria, IAEA.

## 2004

de La Rocque S., J.F. Michel, **J. Bouyer**, G. De Wispelaere, D. Cuisance. IX European Multicolloquium of Parasitology (EMOP), Valencia, Espagne. Juillet 2004, Keynote Communication - GIS analyses of tse-tse flies and African trypanosomiasis distribution

Desquesnes, M., Dia, M.L., **Bouyer, J.**, Fatehi, M. IX European Multicolloquium of Parasitology (EMOP), Valencia, Espagne. Juillet 2004.-Mechanical transmission of *Trypanosoma vivax* and *Trypanosoma congolense* by common African Tabanids *Atylotus agrestis* and *Atylotus fuscipes*.

**Bouyer, J.**, A. Sibert, M. Desquesnes, D. Cuisance, S. de La Rocque (2004) A model of diffusion of Tsetse flies on a network. IX European Multicolloquium of Parasitology (EMOP), Valencia, Espagne. Juillet 2004.

Desquesnes, M., Dia, M.L., **Bouyer, J.** 1st International symposium - 2nd Nacional symposium on "Hemoparasitosis and their vectors", Caracas, Venezuela, 14-16 october 2004.- Demonstration and modelisation of mechanical transmission of trypanosomes by tabanids.

Desquesnes, M., Dia, M.L., **Bouyer, J.** 20ème meeting annuel de la société brésilienne de parasitologie ; 31ème annuel sur la recherche de base sur la maladie de chagas ; 8-10 November, 2004, Caxambu, MG, Brésil.-Demonstration and modelisation of mechanical transmission of trypanosomes by tabanids.

## 2003

de La Rocque S, Yone W, Balenghien T, **Bouyer J**, Kabore I, Desquesnes M and Kamuanga M. 2003. Efficiency of an integrated and targeted campaign against riverine tsetse flies in Burkina Faso. International Scientific Council for Trypanosomiasis Research and Control, 27th Meeting.

## **2.6. Autres publications, Vulgarisation, autres supports**

### **Publications rang B**

**Bouyer, J.** 2009. Les tsétsé, mouches intelligentes ? (2eme partie) Dispersion des glossines. Insectes: 153: 21-24.

**Bouyer, J.,** F. Stachurski, A. S. Gouro, and R. Lancelot. (2009) On-station cattle insecticide treatment against tsetse flies using a footbath. Revue d'Elevage et de Médecine vétérinaire des Pays tropicaux, 61(3) : in press.

**Bouyer, J.** 2007. Les tsétsé, mouches intelligentes ? (1ere partie) Comportement alimentaire des glossines. Insectes 145: 29-32.

Guerrini, L. and **J. Bouyer** 2007. Mapping African Animal Trypanosomosis risk: the landscape approach. Use of Geographic Information Systems (GIS) in Veterinary Activities, Silvi Marina, Italy, OIE. Veterinaria Italiana 43(3): 643-654.

Legrand, J-P. , Juhel, P., **Bouyer, J.** et D. Camiade. 2006. Une nouvelle espèce de Dicronorhina Hope, du Burkina Faso, du Bénin et du Togo (Coleoptera, Cetoniidae). Les cahiers Madellanes, hors-série n°23: 10p.

Stachurski, F., **J. Bouyer** and F. Bouyer. 2006. La lutte contre les ectoparasites des bovins par pédiluve : une méthode innovante utilisée en zone péri-urbaine sub-humide du Burkina Faso. Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop. 58(4): 221-228.

Rougerie, R., **Bouyer, J.** 2005.- Contribution à la connaissance des Saturniidae du Burkina Faso. 1. Tribu des Micragonini. Bulletin de la Société entomologique de France, 110 (3) : 337-350.

de La Rocque, S., J. F. Michel, **J. Bouyer**, G. De Wispelaere and D. Cuisance. 2005. Geographical Information Systems in parasitology: a review of potential applications using the example of animal trypanosomosis in West Africa. Parassitologia 47: 97-104.

**Bouyer, J.,** Cuisance, D., Messad, S., Guerin, PM. 2005. Learning affects host preference in tsetse flies. Revue Elev. Méd. vét. Pays trop., 57 (3-4). (NC 1)

### **Fiches techniques**

César, J., **Bouyer, J.,** Granjon, L., Akoudjin, M. - 2008. Les dégradations autour de Bobo-Dioulasso et sur la falaise de Banfora. CIRDES, Projet FSP 2002-87 Gestion durable des ressources sylvo-pastorales et production fourragère dans l'Ouest du Burkina-Faso, fiche technique, 20 p.

**Bouyer, J.,** I. Kaboré, F. Stachurski and M. Desquesnes. 2005a. Le piégeage des insectes vecteurs. Santé animale en Afrique de l'Ouest, Recommandations Techniques, CIRDES/CIRAD 20.

**Bouyer, J.**, I. Kaboré, F. Stachurski and M. Desquesnes. 2005b. Traitement épicutané du bétail. Santé animale en Afrique de l'Ouest, Recommandations Techniques, CIRDES/CIRAD 8.

**Bouyer, J.**, I. Kaboré, F. Stachurski and M. Desquesnes. 2005. Epicutaneous treatment of cattle. Santé animale en Afrique de l'Ouest, Recommandations Techniques, CIRDES/CIRAD 8.

Céné, B., W. Yoni, **J. Bouyer**, M. Desquesnes and I. Kaboré. 2005. L'imprégnation d'écrans à l'insecticide. Santé animale en Afrique de l'Ouest, Recommandations Techniques, CIRDES/CIRAD 22.

Yoni, W., B. Céné, **J. Bouyer**, M. Desquesnes and I. Kaboré. 2005. La dissection des glossines ou mouches tsé-tsé. Santé animale en Afrique de l'Ouest, Recommandations Techniques, CIRDES/CIRAD 23.

Guerrini, L., **J. Bouyer**, S. de La Rocque and M. Desquesnes. 2005. Spatialisation du risque trypanosomien. Santé animale en Afrique de l'Ouest, Recommandations Techniques, CIRDES/CIRAD 19.

Hamadou, S. and **J. Bouyer**. 2005. Calcul de la rentabilité des fermes. Santé animale en Afrique de l'Ouest, Synthèse (méthodologie), CIRDES/CIRAD n°21: 8.

Kamuanga, M., S. Hamadou, **J. Bouyer**, Y. Yao, I. Sidibé and I. Kaboré. 2005. Comment pérenniser les acquis de la lutte antivectorielle? Santé animale en Afrique de l'Ouest, Recommandations Techniques, CIRDES/CIRAD 14: 8.

### **Posters**

Guerrini, L. & **Bouyer, J.** 2008 Mapping African Animal Trypanosomosis risk: the landscape approach. Conférence internationale sur la démographie, les changements climatiques et les maladies vectorielles en Afrique de l'Ouest. Ouidah 24-27th November 2008.

Stachurski, F., Adakal, H., Lancelot, R., **Bouyer, J.** 2008 Le pédiluve acaricide/insecticide: une méthode innovante contre les vecteurs. Conférence internationale sur la démographie, les changements climatiques et les maladies vectorielles en Afrique de l'Ouest. Ouidah 24-27th November 2008.

### **Rapports**

Rapports d'activité annuels au CIRDES 2001-2008, LNERV 2009.

Rapport final du projet Wellcome Trust Fragfly WT075824MF (voir <http://wt-fragfly.cirad.fr/>).

Bouyer, J. 2008. Etude de faisabilité de la création d'une zone libérée des glossines par la technique de l'insecte stérile: suivi de la collecte et de l'enregistrement des données entomologiques, pp. 15. IAEA, Bobo Dioulasso.



Bouyer, J. 2008. Etude de faisabilité de la création d'une zone libérée des glossines par la technique de l'insecte stérile: mise en place d'une base de données relationnelle pour le stockage des données entomologiques, pp. 12. IAEA, Bobo Dioulasso.

Solano, P., J. Bouyer, B. Sall, S. Ravel, L. Gardes, and D. Kaba. 2008. Rapport final du Projet AIEA n° SEN5029/92277E, pp. 6. AIEA, Bobo Dioulasso.

Bouyer, J. 2008. Assistance with the initiation of the baseline entomological data collection in the Niayes of Senegal, pp. 31. IAEA, Bobo Dioulasso.

Bouyer, J. 2007 Assistance with the initiation of the baseline entomological data collection in the Niayes of Senegal. IAEA, Bobo Dioulasso. 31p.

Bouyer, J., F. Stachurski, A. S. Gouro, and R. Lancelot. 2007. Rapport Final de projet financé par CEVA-Santé Animale : Etude de l'effet d'un traitement par pédiluve contenant une émulsion de deltaméthrine (VECTOCID<sup>ND</sup>) sur les glossines et l'incidence des trypanosomoses animales dans le sud-ouest du Burkina Faso, CIRDES, Bobo Dioulasso, p. 33.

Bouyer, J. 2007. Feasibility study to create a tsetse-free zone using the sterile insect technique, Assistance to the field component of the feasibility study: Confirmation of the isolation of the target zone and implementation of the Thies Field Laboratory. IAEA, Bobo-Dioulasso. 24p.

Bouyer J. 2007. Inventaire Entomologique du point triple du parc W (Burkina Faso/ Bénin / Niger). Rapport d'expertise. Projet ECOPAS. 39p.

Bouyer, J. 2007. Inventaire entomologique de la forêt classée du Kou, BKF 0012, Bobo-Dioulasso, 63p.

Bouyer, J. and Z. Bengaly 2007. Evaluation de la situation entomologique et épidémiologique en vue de l'élaboration d'un plan de lutte contre les trypanosomoses animales et leur vecteur dans la zone d'intervention du PAEOB / Rapport complémentaire. CIRDES/CIRAD, Bobo Dioulasso, Burkina Faso, 15p.

Bouyer, J. and Z. Bengaly (2006) Evaluation de la situation entomologique et épidémiologique en vue de l'élaboration d'un plan de lutte contre les trypanosomoses animales et leur vecteur dans la zone d'intervention du PAEOB. CIRDES/CIRAD, Bobo Dioulasso, Burkina Faso.

Solano, P. and J. Bouyer. 2006. RAPPORT de MISSION en Guinée (23/05-03/06 2006). IRD/CIRAD, Bobo Dioulasso.

Bouyer, J. 2006. Mission d'appui au PNLTHA dans le cadre du LTTRN : Prospection entomologique dans les collines de la préfecture de Dubréka, Guinée. CIRAD, Bobo-Dioulasso

Bouyer, J. (2004) Identification de bioindicateurs pour la gestion des zones périphériques du parc W. Rapport ECOPAS, Ouagadougou.

Bouyer, J. (2003) Epidémiologie et modélisation : Exemple de la fièvre de la vallée du Rift au Sénégal. Maisons-Alfort, France, Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort, 40 p. Mémoire de stage du Diplôme d'épidémiologie animale appliquée.

Bouyer, J. (2002) Inventaire Microfaune du parc W. Rapport ECOPAS, Ouagadougou.

Bouyer, J. (2002) Epidémiologie et modélisation : Exemple de la fièvre de la vallée du Rift au Sénégal. Toulouse, France, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, 67 p. Mémoire de certificat d'études approfondies vétérinaires.

### **3. Liste des stages encadrés et formations dispensées**

#### **3.1. Formations courtes**

- encadrement d'un technicien supérieur de l'Université Catholique de l'Afrique de l'Ouest de Bobo Dioulasso, 3 mois en 2007
- encadrement d'un bio-informaticien en licence (3eme année) à l'université de Poitier, I.U.P. Génie Physiologique – Informatique
- encadrement d'un stage de fin d'étude d'ingénieur du développement rural (Akoudjim Massouroudini), Université Polytechnique de Bobo Dioulasso, 3 mois en 2006, soutenance 6 Decembre 2006, mention B
- encadrement d'un stage de 2eme année d'études vétérinaires, 2006, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse.
- encadrement de deux stages de fin d'étude de techniciens supérieurs d'élevage, Ecole Nationale De L'Elevage et de la Santé Animale (Ouagadougou) 2004 et 2005 (4 mois)
- encadrement de deux maîtrises de l'Institut Universitaire Professionnalisé (I.U.P.) « Génie Physiologique - Informatique », Université de Poitiers, 2003 et 2005 (3 mois)

#### **3.2. Formations longues**

##### **Thèses vétérinaires**

- 2010, Thèse vétérinaire de Mamadou Kenda Diallo, République de Guinée, sur le thème « Impact des glossines sur la prévalence des trypanosomoses animales dans la zone des Niayes du Sénégal ».
- 2008, Thèse Vétérinaire de Théodore Domagni, Ecole Inter-Etats de Medecine Veterinaire de Dakar, sur le thème « Etude de l'isolement des populations de glossines du Mouhoun par rapport aux bassins adjacents », une publication en cours d'écriture. Théodore est actuellement chargé de la Sécurité Sanitaire des Animaux au département du développement Rural, des Ressources Naturelles et de l'Environnement, Direction des Ressources Animales et Halieutiques à l'UEMOA, Ouagadougou.

##### **DEA-Master-CEAV**

- mars-juil 2010, encadrement de François Sagna, Master EPSED (Elevage des Pays du Sud, environnement et développement), sur le thème «Impact des glossines sur l'incidence des trypanosomoses animales dans la zone des Niayes, au Sénégal »
- janv-juin 2009 encadrement de Youssou Ndiaye, étudiant en Master d'épidémiologie animale et humaine, sur le thème « Contribution à la lutte contre les glossines au Sénégal par la mise en place d'un réseau de surveillance entomologique dans la zone des Niayes », Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort, (6 mois), co-encadrement avec R. Lancelot (UMR15 CIRAD/INRA Contrôle des maladies animales exotiques et émergentes). Youssou est actuellement employé en CDI à la Direction Vétérinaire de Dakar, Sénégal.
- 2008 encadrement de Fanny Bouyer, en DEA de Gestion intégrée des systèmes en 2008, option Production animale, sur le thème «Diffusion et adoption de la méthode de lutte basée sur le pédiluve acaricide/insecticide contre *Amblyomma variegatum* et les glossines au Burkina Faso », soutenance décembre 2009, mention bien, co-encadrement avec H. Seyni,

encadreur principal, et H. Adakal (CIRDES). Présentations à deux conférences (Evaluation des impacts des innovations dans les systèmes de production et territoires agro-pastoraux d'Afrique de l'Ouest : Quelles méthodes, Quels indicateurs ? Ouagadougou 1-4 décembre 2009 et Innovation and Sustainable Development in Agriculture and food, 28 Juin -01 Juillet 2010) et 1 article en cours de finalisation pour Vet Parasitol. Fanny est mon épouse (elle est également Dr. Vétérinaire spécialisée en pathologie tropicale) et a l'intention de réaliser une thèse universitaire sur la diffusion des innovations en Afrique.

- 2007 encadrement de Raphaëlle Métras (déjà encadrée en 2006) en Master of Science in Veterinary Epidemiology, University of London , sur « Impact of landscape fragmentation and seasonal variations on trypanosomosis in cattle, in the Mouhoun river basin in Burkina Faso », co-encadrement avec R. Lancelot, encadrant principal (UMR15 CIRAD/INRA Contrôle des maladies animales exotiques et émergentes). 1 poster en commun à une conférence internationale (Métras, R., J. Bouyer, H. Vitouley, N. Koné, and R. Lancelot. 2008. (Poster) Impact of landscape fragmentation and season on cattle trypanosomosis, in the Mouhoun river basin, Burkina Faso. In SFP [ed.], Xth European multicolloquium of parasitology, Paris.). Note de 70% pour le stage, diplôme obtenu. Raphaëlle est actuellement en thèse universitaire sur la modélisation de l'épidémiologie de la Fièvre de la Vallée du Rift au Royal Veterinary College de Londres et nous continuons à collaborer sur ce sujet (une phase terrain de sa thèse est prévue au Sénégal).

- 2008 encadrement de Akoudjim Massouroudini (déjà encadré en 2006) en DEA de Gestion intégrée des systèmes en 2008, option Production animale, sur le thème « Evaluation de l'état écologique des écosystèmes savanicoles et forestiers du terroir de Koro à partir des insectes bioindicateurs de la famille des Nymphalidae et des Cetonidae », Université Polytechnique de Bobo Dioulasso, soutenance 14 Avril 2009, Mention AB, (10 mois). Co-encadrement avec Jean César (UPR PPZS, CIRAD). Publication intitulée « Spatio-temporal variability of fruit feeding insects used as ecological indicators in West Africa » par M. Akoudjim, César J., Kombassere, A. et Bouyer J. en cours de relecture scientifique à Biological Conservation. Akoudjim est actuellement en thèse universitaire sur les bioindicateurs et je le co-encadre (voir ci-dessous).

- 2008 encadrement de Marie Rose Poutya en DEA d'entomologie médicale, Université Cheick Anta Diop, Dakar, sur le thème « Morphométrie géométrique de *Glossina palpalis gambiensis* : impact de l'alimentation des glossines sur leur forme » (10 mois). Soutenance prévue en Septembre 2010, suite à la réalisation d'un autre Master par l'étudiante. Co-encadrement avec P. Solano (UR177 IRD-CIRAD Trypanosomoses) et J.P. Dujardin (UR IRD 165 UMR 2724 GEMI). Marie Rose est actuellement en stage au Centre National de Recherche et de Formation de Ouagadougou, sur le rôle de *Anopheles nili* dans la transmission du paludisme au Nord Est du Burkina Faso, dans le cadre du Master international d'Entomologie de Cotonou.

- 2007 encadrement de Olivier Esnault en Certificat d'études approfondies vétérinaires en Pathologies animales en régions chaudes et épidémiosurveillance, sur le thème « Etude sur la structuration de deux populations de *Glossina palpalis gambiensis* Vanderplank sur la Leyessa, un affluent du Mouhoun au Burkina Faso », soutenance Septembre 2007 (5 mois), Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse et CIRAD. Après avoir été employé dans un

groupement d'éleveurs d'ovins en France (COBEVIM) dès la fin de son stage, Olivier est actuellement chef du Programme CMTV (Contrôle des Maladies à Transmission Vectorielle) du Groupement Régional de Défense Sanitaire du Bétail de la Réunion (G.R.D.S.B.R) et nous continuons à collaborer activement sur la lutte contre les stomoxes et maladies transmises.

- 2007 encadrement de Hervé Vitouley en DEA de Biologie animale sur le thème « Evaluation de la prévalence et de l'incidence des trypanosomoses animales africaines en fonction de la dégradation des habitats des glossines », Université Cheick Anta Diop de Dakar, 30 juillet. 2007, Mention B (10 mois). Hervé est actuellement en thèse universitaire au CIRDES sur les trypanosomoses.

- 2006 encadrement de Raphaëlle Métras en Certificat d'études approfondies vétérinaires en Pathologies animales en régions chaudes et épidémiosurveillance, sur le thème « Impact de la fragmentation des paysages sur l'épidémiologie des trypanosomoses animales africaines », Soutenance en Sept. 2006, Mention B, (5 mois), Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse et CIRAD. Raphaëlle a depuis été encadrée une seconde fois (voir ci-dessus).

- 2005 encadrement de Boubacar Bass sur le thème « Etude de la dispersion des glossines riveraines en paysage fragmenté au Burkina-Faso » en Certificat d'études approfondies vétérinaires en Pathologies animales en régions chaudes et épidémiosurveillance, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse et CIRAD. Après avoir fini son stage et rédigé son rapport, cet étudiant est rentré au Mali pour un problème de santé dans sa famille et ne s'est jamais représenté au CIRDES malgré plusieurs relances. Il a ainsi refusé de respecter le règlement du CIRDES qui lui imposait une soutenance interne de ses résultats avant que son stage puisse être validé, suite à quoi son stage a été invalidé par le DG du CIRDES. J'ai communiqué l'information au Pr. Philippe Jacquet, qui a déclaré Boubacar Bass comme démissionnaire du CEAV et ce dernier n'a pas reçu le diplôme. Je n'ai malheureusement plus de contact avec cet étudiant.

- 2005 encadrement simultané de Youssoufou Sana et Yaya Samandougou en DEA de Gestion intégrée des ressources naturelles, option production animale, Université Polytechnique de Bobo Dioulasso, sur les thèmes « Identification d'insectes bioindicateurs dans le parc du W (Bénin) et sa périphérie » et « Identification d'insectes indicateurs des niveaux d'anthropisation des milieux dans le parc régional du W et sa périphérie : composante du Burkina Faso » : ces deux stagiaires ont mis en place la même méthodologie au Bénin et au Burkina Faso, ce qui a abouti à un excellent travail et une publication de rang A (**Bouyer, J., Y. Sana, Y. Samandougou, J. César, L. Guerrini, C. Kabore-Zoungana and D. Dulieu. 2007. Identification of ecological indicators for monitoring ecosystem health in the trans-boundary W Regional park : a pilot study. Biological conservation 138: 73-88.**) et une publication de rang B (Identification d'insectes bio-indicateurs dans le parc du W (Benin) et sa périphérie. Vol. 30 n°1 Janvier-Juin 2008, Science et technique, Sciences naturelles et agronomique Page 75-88). Soutenance avril 2005, Mention Bien pour les deux étudiants (3 mois). Ces deux étudiants sont en CDI à l'INERA au Burkina Faso (Youssoufou est Chef de station INERA Niangologo et Yaya est Coordonnateur Liaison Recherche-Developpement à l'INERA CRREA Sahel) et nous sommes toujours en contact.

- 2004, encadrement de Honoré Kham en DEA en biotechnologies, option biotechnologie animale, Université de Ouagadougou, sur le thème «Evaluation d'un outil de génotypage par marqueurs microsatellites applicable aux glossines riveraines du Burkina Faso », Soutenance 04/01/2005, co-encadrement avec S. Thévenon (UR177 IRD-CIRAD Trypanosomoses). Cet étudiant est actuellement en Phd sur le riz à l'université du Kwa-Zulu en Afrique du Sud.

- 2004, encadrement de Myriam Fatehi en stage de Master International sur les maladies parasitaires tropicales, Universidad de Valencia, sur le thème « Effet de la dégradation de la végétation riveraine sur la dynamique des populations de glossines ripicoles », soutenance aout 2004, co-encadrement M. Desquesnes (UR177 IRD-CIRAD Trypanosomoses). Après ce stage, Myriam a changé de voie pour entamer des études d'infirmière : elle est actuellement en dernière année.

### **Thèses universitaires**

- 2007-2009, encadrement technique en entomologie de Laure Guerrini, en thèse de Géographie sur le thème « Le risque trypanosomien dans le bassin du Mouhoun au Burkina Faso : approches paysagères », Université Paul Valéry, Montpellier III, France. Co-encadrement avec Pr. J. P. Bord en géographie (laboratoire GESTER). Soutenance 29/04/08 avec participation au Jury, mention très honorable. Publications en commun pendant cette thèse:

Guerrini, L., I. Sidibé, and **J. Bouyer**. 2009. Tsetse distribution in the Mouhoun river basin (Burkina Faso): the role of global and local geospatial datasets, pp. 41-52. In FAO [ed.], Geospatial datasets and analyses for an environmental approach to African trypanosomiasis. PAAT Position paper n°9. FAO, Rome. (chapître d'ouvrage)

Guerrini, L., J. P. Bord, E. Ducheyne, and **J. Bouyer**. 2008. Fragmentation analysis for prediction of suitable habitat for vectors: the example of riverine tsetse flies in Burkina faso. J. Med. Entomol. 45(6): 1180-1186.

Guerrini, L. and **J. Bouyer** 2007. Mapping African Animal Trypanosomosis risk: the landscape approach. Use of Geographic Information Systems (GIS) in Veterinary Activities, Silvi Marina, Italy, OIE. Veterinaria Italiana 43(3): 643-654.

- 2006-2010 co-encadrement de Naférina Koné en thèse d'entomologie médicale et vétérinaire, Université de Cocody (Abidjan- Côte d'Ivoire), sur le thème « Caractérisation de la dynamique des populations de glossines en fonction de la fragmentation et de la dégradation des habitats », Côte d'Ivoire (soutenance prévue Décembre 2009). Co-encadrement Pr. N. Eliezer (Université de Cocody), S. Ravel & T. de Meeus (UR177 IRD-CIRAD Trypanosomoses), L. Vial (UMR15 CIRAD/INRA Contrôle des maladies animales exotiques et émergentes)

Publications acceptées pendant la thèse :

Kone N., de Meeus T., **Bouyer J.**, Ravel S., Guerrini L., Ngoran E. & Vial L. (2009) Population Structuring of *Glossina tachinoides* (Diptera: Glossinidae) According to Landscape Fragmentation in the Mouhoun River Basin, Burkina Faso. *Med. Vet. Entomol.*, 24, 162-168.

Koné, N., E. K. N'Goran, I. Sidibé, A. W. Kombassere, and **J. Bouyer**. 2010. Spatio-temporal distribution of tsetse (Diptera: Glossinidae) and other biting flies (Diptera: Tabanidae and Stomoxinae) in the Mouhoun River Basin, Burkina Faso. *Med. Vet. Entomol.* In press.

2 publications en cours de finalisation

- 2008-2011 co-encadrement de Ndeldje Condje Noël, inscrit depuis 2008 à l'Université polytechnique de Bobo Dioulasso (UPB), sur le thème « Utilisation du pédiluve dans la lutte contre les glossines et les tiques au Tchad », Co-encadrement avec Z. Bengaly (CIRDES), F. Stachurski (UMR15 CIRAD/INRA Contrôle des maladies animales exotiques et émergentes) et Pr. A. M. G. Belem (UPB).

- 2008-2010 Participation au comité de thèse de Geoffrey Gimoneau, en thèse d'entomologie médicale, Université Montpellier II, sur le thème « Bio écologie de la spéciation : partage de la niche écologique chez deux espèces naissantes d'anophèles au Burkina Faso », encadreur Principal : F. Simard (UR016 IRD Caractérisation et contrôle des populations de vecteurs).

1 publication acceptée dans Behavioral Ecology :

Gimoneau, G., **J. Bouyer**, S. Morand, A. Diabate, and F. Simard. 2010. Does predation contribute to habitat segregation between the M and S forms of the African malaria mosquito, *Anopheles gambiae*? *Behavioral Ecology* : in press.

- 2010 Rapporteur de la thèse de Gilbert Komlan Akoda, sur le thème "Effect of nutritional stress on the tsetse fly's vector competence and its implications on trypanosome transmission in the field", Faculty of Veterinary Medicine, Ghent University, dec 2010.

### **Enseignements dispensés**

- Cours sur les glossines (moyenne de 4h par an): CEAV à l'ENVT, Master EPSSED (ex-master PARC) au CIRAD Montpellier, Master international d'entomologie (TP glossines au CIRDES nov 2006 et nov 2007), Master d'épidémiologie à l'IEMVT de Dakar
- Formation de 16 agents vétérinaires à l'écologie et à la lutte contre les glossines pour l'AIEA au CIRDES (1 semaine de cours, 4 sessions entre 2007-2008)
- Organisateur d'un cours international (18 février-14 mars 2008) pour l'AIEA à Dakar, intitulé « Regional Training Course on Principles of Baseline Data Collection for Integrated Area-Wide Tsetse and Trypanosomosis Intervention Projects with a Sterile Insect Technique

Component” destiné aux responsables de projets de lutte contre les glossines (28 participants / 22 pays représentés)

- Participation à un cours international (01-12 février 2010) pour l’AIEA au CIRDES, Burkina Faso, intitulé «FAO / IAEA / PATTEC Regional Training Course on standardised collection and processing of entomological and other relevant geo-referenced data as needed in SIT-based AW-IPM campaigns against tsetse» destiné aux responsables de projets de lutte contre les glossines (16 participants / 9 pays représentés).

- Participation à un cours international (06-12 Juin 2010) pour l’AIEA à l’Université Eduardo Mondlane, Maputo, Mozambique, intitulé « FAO/IAEA Regional Training Course on Principles of Baseline Data Collection for Integrated Area-Wide T&T Intervention Projects with a Sterile Insect Technique Component » in (17 participants / 6 pays représentés).



#### 4. Bilan des activités de recherche

Mes activités de recherche sont focalisées sur l'écologie des glossines et son utilisation pour mieux comprendre l'épidémiologie des trypanosomoses animales africaines (TAA) et optimiser le contrôle intégré de ces vecteurs (fig. 1). Situé au cœur d'un réseau pluridisciplinaire, j'ai eu la chance de pouvoir m'appuyer sur des compétences multiples en télédétection, génétique des populations, modélisation et lutte anti-vectorielle grâce à l'appui de l'UR17 IRD/CIRAD sur les trypanosomoses, d'autres unités du CIRAD (UMR Contrôle des maladies animales exotiques et émergentes et UPR Agirs) et du laboratoire d'entomologie de l'AIEA. Modèle initial de l'axe « Santé et environnement » lancé au CIRAD par D. Cuisance et S. de la Rocque, les glossines, en plus de leur intérêt propre, y constituent aujourd'hui un modèle générique pour aborder d'autres vecteurs moins connus comme les culicoides ou les tiques molles.

L'écologie des glossines a été abordée initialement par la caractérisation phytosociologique de leur habitat, l'analyse de leur comportement trophique, de leur dispersion et de la structure de leurs populations.

Les études phytosociologiques ont été poursuivies par une caractérisation de leurs habitats favorables par télédétection qui a conduit à l'élaboration de cartes de densité vectorielle et de risque de transmission cyclique des TAA, qui ont été utilisées par des projets de développement pour cibler la lutte anti-vectorielle. Ces résultats sont également rentrés dans l'élaboration d'une stratégie d'échantillonnage entomologique stratifié dans le cadre du projet d'élimination des glossines dans les Niayes du Sénégal.

Les études de génétique ont été couplées à des protocoles de marquage-lâchers-recapture pour caractériser la dispersion des glossines, ce qui est également rentré dans l'élaboration de la stratégie de lutte (suppression ou élimination) de plusieurs projets de lutte nationaux en Afrique de l'Ouest.

L'étude du comportement des glossines a été à l'origine de la découverte d'un comportement d'apprentissage trophique chez les glossines. Un tropisme des ces dernières pour les extrémités des pattes des bovins a également été confirmé, ce qui a permis d'envisager l'utilisation d'une nouvelle méthode de lutte contre les glossines, le pédiluve insecticide, qui avait été développé initialement pour lutter contre *A. variegatum*.

Enfin, des suivis épidémiologiques mis en place dans la boucle du Mouhoun ont permis d'améliorer la compréhension de l'impact des changements environnementaux sur l'épidémiologie des TAA.

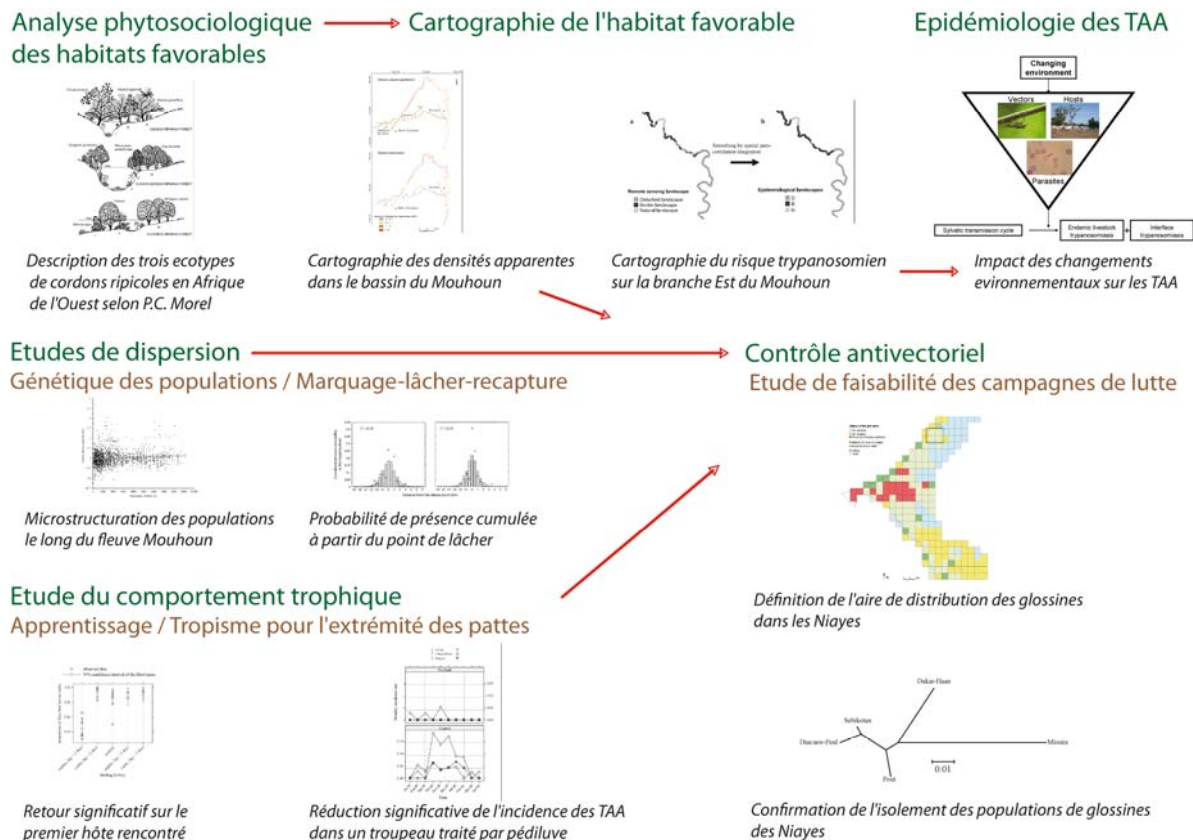


Fig. 1. Représentation schématique des activités de recherche en grandes étapes et liens entre ces dernières (flèches rouges). Les illustrations sont issues des publications citées dans le texte ci-dessous.

## 4.1. Ecologie des glossines riveraines

### 4.1.1 Caractérisation des habitats favorables

Une théorie ancienne de P.C. Morel (Morel 1978) sur la dynamique des cordons ripicoles a été testée à l'échelle du bassin du Mouhoun (>700km de long), en réalisant plus de 2000 relevés phytosociologiques. Cette théorie a pu être vérifiée statistiquement, à savoir que le rythme d'inondation du cordon ripicole (crues et décrues plus ou moins rapides) détermine sa morphologie et sa composition floristique (Bouyer et al. 2005b)<sup>2</sup>. D'amont en aval, on passe d'une galerie Guinéenne fermée qui ne subit que des inondations courtes, à une galerie ouverte Soudanienne qui subit des inondations longues en passant par une association végétale à morphologie intermédiaire, l'écotype Soudano-guinéen. Si l'on ne devait choisir qu'un arbre indicateur par écotype, ce seraient *Berlinia grandiflora*, *Syzygium guineense* et *Mitragyna inermis* pour les écotypes Guinéens, Soudano-guinéens et Soudaniens respectivement.

Cette tendance est cependant générale et souffre de nombreuses exceptions qui ont tendance à la masquer: pour corser le tout, la morpho-pédologie capricieuse d'un cours d'eau peut faire qu'un bras passe par les 3 écotypes sur 100 mètres de distance à cause d'une courbure particulière et d'un sol argileux par exemple qui vont favoriser une durée

<sup>2</sup> Les publications affichées en bleu sont celles où je suis co-auteur, en vert celles des étudiants que j'ai encadré.

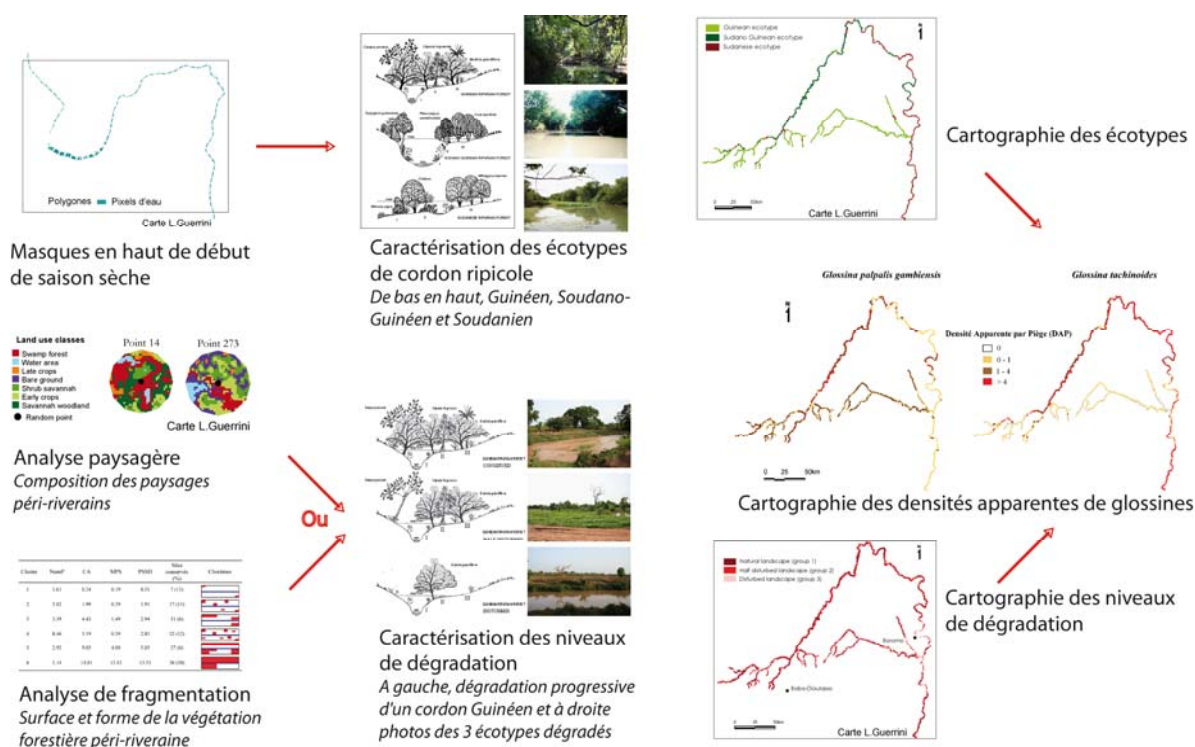
d'inondation plus longue d'une section de rivière, faisant passer l'écotype de Guinéen à Soudanien. Il fallait donc être un grand naturaliste comme P.C. Morel, et avoir vu tous les paysages de la Côte d'Ivoire au désert du Sahara pour élaborer cette théorie, où la dynamique de la galerie est considérée relativement indépendante de celle de la savane, pouvant théoriquement amener des glossines dans le désert.

Seconde partie de cette théorie, également confirmée (Bouyer et al. 2005b): *Glossina palpalis* Vanderplank (Diptera : Glossinidae) est favorisée par le cordon fermé trouvé en aval, alors que *Glossina tachinoides* Westwood domine en aval. Les deux espèces co-habitent dans les sections intermédiaires.

Enfin, cette théorie a été enrichie par la prise en compte du niveau de dégradation de ces cordons, qui conditionne sa favorabilité pour les mouches, et a donc un impact important sur leurs densités (en plus de la disponibilité des hôtes, relativement moins importantes pour ces espèces opportunistes, mais qui les beaucoup plus pour les glossines du groupe morsitans) (Bouyer et al. 2005b).

#### 4.1.2 Cartographie des habitats favorables et des densités apparentes de glossines

J'ai eu la chance de travailler en véritable binôme pendant 7 ans au CIRDES avec une géographe, Laure Guerrini (UPR Agirs), avec qui nous sommes parvenus à cartographier ces écotypes de cordons et leurs niveaux de dégradation (fig. 2).



Les écotypes ont été abordés par l'utilisation des surfaces en eau autour du lit principal du cours d'eau en début de saison sèche, qui sont d'autant plus importants (lit secondaire persistant) qu'on se trouve en aval du cours d'eau, permettant de prédire l'écotype présent (Guerrini et al. 2008).

Les niveaux de dégradation quant à eux ne pouvaient être visibles sur des images satellites à résolution de 30m\*30m (taille du pixel), alors qu'un cordon ripicole ne fait que 5 à 20m de large. Deux approches différentes ont été utilisées avec le même succès :

- la démarche paysagère qui repose sur la dépendance des échelles spatiales et suppose qu'un cordon sera d'autant plus dégradé que le paysage péri-riverain sera anthropisé ; l'analyse multifactorielle de la composition de ces paysages permet alors de prédire le niveau de dégradation (Guerrini and Bouyer 2007);
- une analyse de fragmentation, où l'on ne s'intéresse qu'à une seule unité végétale péri-riveraine (la forêt ici), mais en tenant compte de sa forme en plus de sa surface, grâce à l'utilisation de métriques de fragmentation classiques (Mean Patch size et son erreur standard, Class area, Patch density) (Guerrini et al. 2008).

Ces analyses ont permis la spatialisation des densités apparentes de glossines le long du Mouhoun. Elles sont basées sur une approche explicative, contrairement aux modèles statistiques généralement utilisés pour prédire les densités de glossines à l'échelle régionale (Rogers and Randolph 1991, Rogers et al. 1996). Si ces modèles ont un grand intérêt à l'échelle du continent pour la sélection des zones prioritaires d'intervention, leur intérêt au niveau local, dans le cadre des campagnes de lutte, est limité (Guerrini et al. 2009). Nos modèles sont basés sur une approche explicative, qui avait été initiée à plus grande échelle (cours d'eau de 60km dans la zone agro-pastorale du Sidéradougou) (de la Rocque et al. 2001, de La Rocque et al. 2005). Leur inconvénient est d'être difficilement transposable à l'échelle de la sous-région. Un de nos objectifs de recherche (voir projet) est de combiner les deux approches, en utilisant des informations sur la végétation issues d'images à forte résolution spatiale, à des données météorologiques longitudinales (notamment données MODIS), qui ont une résolution spatiale plus faible (pixels de 1km\*1km) mais une résolution temporelle supérieure (données quotidiennes).

#### **4.2. Dispersion et structure des populations**

Plusieurs techniques permettent d'étudier la dispersion des glossines :

- les techniques directes de marquage-lâcher-recapture (MCR) suivi de la modélisation des déplacements des individus (Cuisance et al. 1985, Bouyer et al. 2007a),
- les techniques indirectes par mesure du flux de gènes entre populations (Bouyer et al. 2007d, Solano et al. 2009, Kone et al. 2010, Solano et al. 2010b) ou individus (Bouyer et al. 2009c).

J'ai eu la chance d'être aidé dans l'utilisation des premières méthodes, d'abord par A. Sibert (ex-UR Epidémiologie et Ecologie des maladies animales, CIRAD) puis par T. Balenghien (UR CMAEE, CIRAD) et plus récemment par D. Bicout (ENVL/INRA). Pour les secondes techniques, j'ai reçu un appui inestimable de la part de P. Solano (UMR Trypanosomoses, IRD-CIRAD), qui a initié l'utilisation de la génétique des populations chez les glossines il y a plus de dix ans maintenant (Solano et al. 1997), de S. Ravel (UMR Trypanosomoses, IRD-CIRAD) et de T. de Meeus (CNRS & UMR Trypanosomoses, IRD-CIRAD).

Nous avons pu montrer que le long du bassin du Mouhoun, la fragmentation des paysages entraîne une réduction importante des capacités de dispersion de *G. palpalis gambiensis* (Bouyer et al. 2009c), alors que *G. tachinoides*, espèce plus xérophile, semble moins affectée (Kone et al. 2010), ce qui pourrait également être en partie lié à sa préférence pour les sections de rivière plus larges (en aval), où les pirogues permettent un transport passif important. En ce qui concerne la première espèce, nous avons également montré que la micro-structuration observée sur de faibles distances (5-10km) permettait de faire des estimations congruentes des densités efficaces et des capacités de dispersion, par l'utilisation de la génétique des populations et des MCR (Bouyer et al. 2009c).

De plus, certaines mouches proches étaient plus différentes génétiquement que certaines mouches éloignées, ce qui suppose qu'elles effectuent des déplacements supérieurs pour se nourrir que pour se reproduire et démontre donc un degré certain de philopatrie. Cela représente un des premiers arguments forts en faveur de la théorie de l'ambit (Jackson 1941) et contre le processus de diffusion isotrope généralement utilisé pour décrire la dispersion des glossines (Rogers 1977, Hargrove 2000, Bouyer et al. 2007a). Nous avons déjà remis en cause ces modèles par la réalisation de lâchers en paysages fragmentés, qui ont montré que les glossines sont certainement capables d'utiliser des gradients environnementaux et peut-être une mémoire topographique de leur environnement pour se déplacer (Bouyer 2006, 2009b).

D'autres éléments, issus de l'analyse récente des lâchers aériens réalisés lors de la campagne d'élimination de *G. austeni* à Zanzibar (Vreysen et al. 2000), vont dans le même sens (en cours de publication) : malgré des lâchers aériens homogènes au dessus de la forêt de Jozani, la distribution des mâles stériles au sol s'est avérée très hétérogène, avec une agrégation similaire à celle des glossines sauvages, ce qui montre que ces dernières sont capables d'utiliser les stimuli environnementaux pour s'orienter, au lieu de se déplacer aléatoirement.

### 4.3. Comportement trophique

#### 4.3.1 Apprentissage

Une fidélité d'hôte a été démontrée chez *G. palpalis gambiensis* en conditions expérimentales (Bouyer et al. 2005a, Bouyer et al. 2007c) : des glossines exposées à une vache ou à un varan lors de leur premier repas de sang démontrent en effet une préférence ultérieure plus importante par rapport au premier hôte rencontré, en comparaison de glossines n'ayant pas d'expérience trophique, ou ayant piqué une autre espèce. Cet « apprentissage trophique » disparaît lorsque les glossines sont affamées : elles deviennent alors moins sélectives. Ce comportement a l'avantage de permettre de combiner l'adaptabilité d'un prédateur opportuniste lors du premier repas à l'efficacité d'un prédateur spécialiste lors des repas ultérieurs. Il a en outre l'avantage de permettre aux glossines de s'adapter aux mouvements de défense de cet hôte et de réduire ainsi leur mortalité pendant la prise de repas, condition sine qua non de la survie de leurs populations (Torr and Hargrove 1998).

Avec P. Solano, nous avons réalisé la même expérience en utilisant l'homme (nous même) et le porc comme hôtes proposés (fig. 3). Malheureusement, nous n'avons pas pu reproduire le même résultat qu'entre le varan et la vache. Cela peut-être lié à plusieurs choses :

- le porc et l'homme sont plus proches phylogénétiquement que le varan et la vache, et plus faciles à confondre pour une glossine ; la ressemblance entre l'homme blanc et le porc est encore plus importante du fait de la couleur de la peau, mais nous nous sommes refusés à employer d'autres personnes volontaires à peau noire pour des



raisons éthiques (nous avons entrepris cette expérience sans l'accord de notre hiérarchie ce qui nous plaçait déjà en position délicate);

- ces deux espèces sont très odorantes et la petite taille de l'étable favorise le mélange des odeurs, ce qui peut augmenter la confusion chez les glossines.

Nous pensons cependant que cette expérience n'exclue pas l'existence de ce phénomène dans les conditions naturelles en raison de plusieurs observations de terrain. D'abord, nous observons souvent des glossines venant nous explorer mais ne nous attaquant pas dans des sites fréquentés uniquement par le bétail (certains points d'eau de la zone agropastorale du Sidéradougou) ou par un autre hôte dominant (par exemple les éléphants au niveau d'un point d'eau de la forêt de Leyessa), alors que dans des sites où l'homme est l'hôte principal, elles sont beaucoup plus agressives (comme dans les vergers de manguiers interdits au bétail, à Pout au Sénégal). Ensuite, lors du traitement des porcs sur l'île de Kassa, pendant la campagne d'élimination des glossines (Kagbadouno et al. 2008), nous avons remarqué être peu attaqués tant que nous étions dans les enclos à porcs, les glossines privilégiant ces derniers. Par contre, dès que nous en sortions et marchions dans les village de Kassa (une des trois îles de Loos), nous étions attaqués. Enfin, en arrivant à l'hôtel suivi par quelques mouches jusque dans notre chambre, il suffisait de se dévêtir pour que les glossines, attirées par l'odeur des porcs, se posent sur les vêtements et ne nous attaquent plus.



*Fig. 3. P. Solano avant une exposition à 100 glossines en étable moustiquaire, mon dos juste après et la cause de ces rougeurs...*

Il serait intéressant de poursuivre l'étude de ce comportement, en réalisant des lâchers de mouches préalablement nourries sur porc ou homme dans des villages où sévit la maladie du sommeil, de les recapturer et de voir s'il y a des différences significatives de choix d'hôte en fonction de la première expérience trophique, expérience qui, réalisée avec des chèvres, a été à l'origine de la découverte de ce comportement d'apprentissage (Challier 1973).

En effet, nous avons pu montrer en utilisant un modèle épidémiologique à compartiments inspiré de celui développé par D. Rogers (Rogers 1988), que l'existence d'un tel comportement d'apprentissage pourrait augmenter significativement la prévalence de la maladie du sommeil à l'équilibre chez l'homme (Bouyer et al. 2008b).

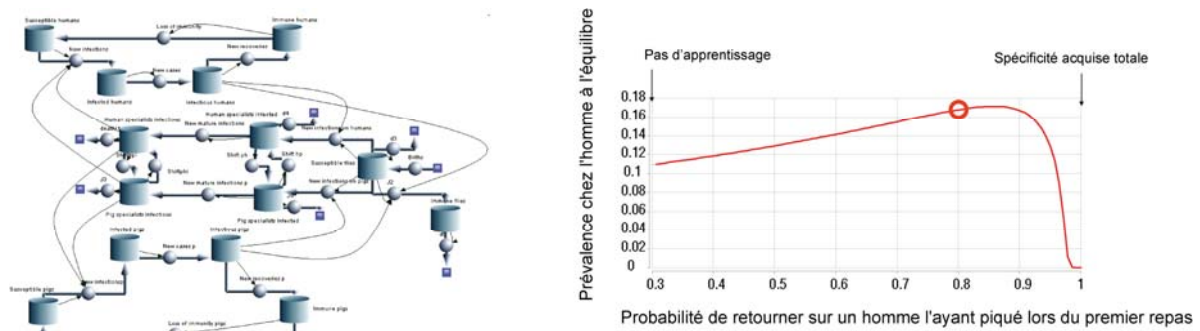


Fig. 4. Schéma du modèle épidémiologique à compartiments utilisé pour modéliser l'impact de l'apprentissage sur la prévalence de la THA à l'équilibre chez l'homme (à droite) en fonction de l'importance de ce phénomène d'apprentissage.

#### 4.3.2 Tropisme d'attaque

Travaillant au CIRDES dans les mêmes locaux que F. Stachurski, qui a développé le pédiluve acaricide suite à l'observation d'une phase de fixation temporaire de la tique *Amblyomma variegatum* avant sa fixation sur ses sites préférentiels (situés sur le corps de l'animal) à la faveur d'une migration pendant une phase de station couchée de l'animal (Stachurski 2006, Stachurski and Lancelot 2006), il m'était difficile de ne pas tester cette technique contre les glossines. En effet, nombre d'anciens, dont D. Cuisance, avaient remarqué un tropisme d'attaque de ces dernières pour l'extrémité des pattes des bovins, et l'utilisation de bottes par B. Bauer lors de visite de terrain au Burkina pour éviter d'être piqué n'a pas manqué d'attirer mon attention sur ce phénomène.

Nous avons donc démontré successivement au CIRDES :

- que ce tropisme d'attaque était bien réel (Bouyer et al. 2007b); il permet sans doute aux glossines d'utiliser les sections du corps les moins risquées (notamment l'extrémité de la patte avant, située loin de la queue...) (Bouyer 2007) ;
- qu'en conditions expérimentales (étable moustiquaire et cages appliquées sur différentes régions du corps de l'animal), une formulation d'alpha-cyperméthrine 0.005% appliquée par pédiluve entraînait le même taux de paralysie de *G. palpalis gambiensis* et *G. tachinoides*, et la même rémanence d'action, que son application partielle sur les pattes ou complète sur tout le corps par un pulvérisateur manuel (Bouyer 2007) ;
- que dans les mêmes conditions expérimentales que précédemment, une formulation de deltaméthrine 0.005% appliquée par pédiluve entraînait des taux de paralysie de *G. palpalis gambiensis*, *G. tachinoides* et *G. morsitans submorsitans* inférieur et de rémanence moindre que son application partielle sur les pattes ou complète sur tout le corps par un pulvérisateur manuel (Bouyer et al. 2008a), mais théoriquement suffisante pour entraîner la suppression d'une population sauvage de glossines ;
- qu'une formulation de deltaméthrine 0.005% appliquée par pédiluve à un troupeau entraînait effectivement une réduction significative et rapide des densités apparentes de *G. palpalis gambiensis* et *G. tachinoides* en conditions réelles (point d'eau situé à Dafinso, Burkina Faso) (Bouyer 2007);
- qu'une formulation de deltaméthrine 0.005% appliquée par pédiluve à un troupeau entraînait une réduction ( $p = 0.01$ , fig. 5) de l'incidence annuelle des TAA de 0.76

(troupeau témoin) à 0.11 (troupeau traité), avec un effet positif sur l'hématocrite ( $p < 0.001$ ) (Bouyer et al. 2009b).

R. Lancelot (UMR CMAEE, CIRAD) m'a apporté une aide précieuse pour monter ces protocoles et analyser les données qui en sont issues. Ces démonstrations sont l'équivalent des phases I à IV de l'évaluation de la lutte par insecticides conseillées par l'OMS (WHO 1996). Elles ont permis une évaluation rigoureuse de l'impact du pédiluve avant et pendant sa diffusion (voir partie « contrôle »).

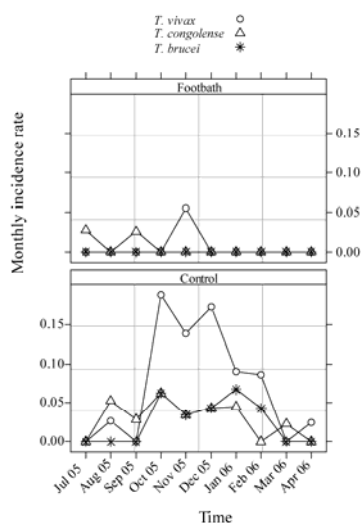


Fig. 5. Evolution de l'incidence mensuelle dans un troupeau traité par une formulation de deltaméthrine 0.005% appliquée par pédiluve (panel du haut) et dans un troupeau témoin (panel du bas) fréquentant une zone avec une densité similaire de glossines, à Dafinso, Burkina Faso (Bouyer et al. 2009b).

#### 4.4. Epidémiologie des TAA

Les cartes de distribution des vecteurs (fig. 2) ont permis d'établir des cartes de risque de transmission des TAA à l'échelle du bassin du Mouhoun, en utilisant comme indicateur de risque, la densité apparente des glossines infectieuses par piège et par jour (Bouyer et al. 2006, Guerrini and Bouyer 2007). Ces cartes ont été utilisées par un projet de développement, le Projet d'Appui aux éleveurs dans l'Ouest du Burkina (PAEOB), pour sélectionner les sites d'implantation des pédiluves insecticides/acaricides dans sa zone d'intervention (Bouyer and Bengaly 2006, 2007). La comparaison des cartes de risque avec des prévalences trypanosomiennes obtenues dans des troupeaux répartis dans le bassin du Mouhoun a révélé une bonne corrélation (Guerrini 2009).

Ces deux types d'informations étaient cependant obtenus en saison sèche, et ne donnent aucune idée de la dynamique saisonnière de la maladie : que se passe-t-il en saison des pluies ? Ces cartes de risque sont-elles toujours valables ? De plus, aucune différence significative n'était observée entre les taux d'infection des glossines des différents paysages à risque, confirmant que, comme dans le cas du paludisme (Smith et al. 2004), les processus biologiques impliqués dans l'abondance relative des vecteurs et leur taux d'infection sont indépendants. Il était alors intéressant de rechercher des variables environnementales associées



à ce paramètre de risque. Le projet Wellcome Trust Fragfly (2005-2009), coordonné par le CIRAD et impliquant l'IMT d'Anvers, les Universités d'Oxford et de Pretoria et Avia-GIS a été l'occasion d'investiguer ces questions. En effet, des suivis épidémiologiques de 18 mois incluant un suivi entomologique (Koné et al. 2009) et parasitologique de troupeaux sentinelles (Métras 2007, Vitouley 2007, Métras et al. 2008) dans des sites considérés comme à risque faible (Boromo) ou fort (Douroula et Kadomba) selon les cartes de risque précédentes.

Ces suivis ont révélé que le nombre de glossines infectantes de saison sèche était bien corrélé au nombre de glossines infectantes moyen sur l'année, avec des fluctuations saisonnières importantes cependant (Koné et al. 2009). De plus, malgré des différences de risque en saison sèche, l'incidence annuelle des trypanosomoses s'est révélée identique dans les trois sites, avec un pic d'incidence important dans le site considéré comme à risque faible pendant la saison des pluies, et une transmission homogène tout au long de l'année dans les deux autres sites (Métras 2007, Métras et al. 2008). Cela a été attribué principalement à la migration de glossines infectantes à la faveur de la saison des pluies : en effet, aucune structuration n'a été observée entre les glossines capturées dans ce site (Boromo) et un des deux sites à risque (Douroula) (Kone et al. 2010). Cependant, ce site était également celui qui présentait la plus grande diversité d'espèces de vecteurs mécaniques (en particulier de tabanidés) (Koné et al. 2009) et le seul trypanosome transmis était *Trypanosoma vivax* : ce pic d'incidence pourrait donc être attribué à une augmentation relative de l'importance de la vection mécanique en l'absence de tsétsé, l'importance potentielle de ce phénomène ayant été démontrée récemment (Desquesnes et al. 2009).

De plus, ce suivi a permis de mettre en évidence une corrélation importante et significative (fig. 6) entre la température maximale diurne et le taux d'infection des glossines ( $r=0.64$ ,  $p=0.0001$ , 31 mesures avec 50 glossines disséquées à chaque fois). Cette corrélation a été retrouvée entre le taux d'infection et la Température minimale diurne de surface mesurée par le satellite Modis ( $r=0.53$ ,  $p=0.002$ , source des données satellites: David Rogers, Université d'Oxford), ce qui laisse supposer la possibilité d'améliorer les cartes de risque par la prise en compte de ce paramètre (données non publiées).

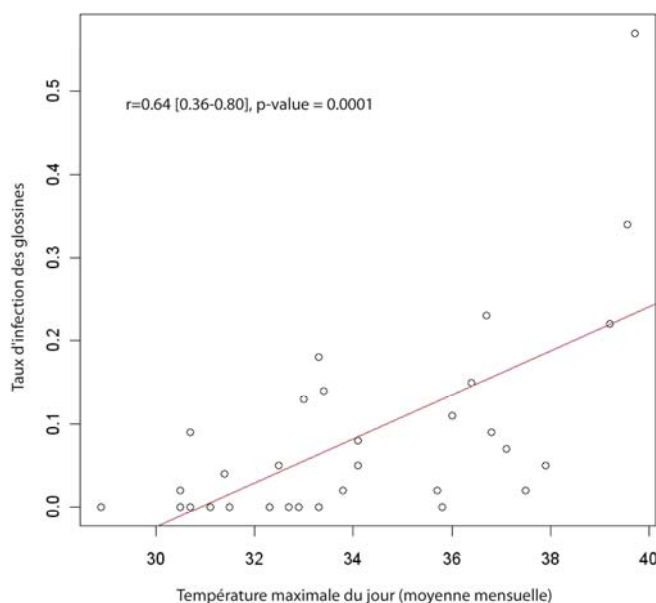


Fig. 6. Corrélation entre taux d'infection des glossines et température maximale diurne

Cette corrélation est probablement liée à un stress sub-létal subi par les glossines, qui déprime leur système immunitaire et favorise leur infection, comme cela a été démontré récemment pour le stress trophique (Akoda 2009). Des études de terrain sont en cours au Burkina pour le démontrer. Ces études, qui ont été menées en parallèle en Zambie sous la direction de l'IMT, ont permis une meilleure compréhension de l'épidémiologie des trypanosomoses animales dans les zones fragmentées (Van den Bossche et al. 2010). Dans le cadre de ce projet Wellcome Trust, il a ainsi été démontré que (fig. 7):

- l'anthropisation tend à réduire la densité et la durée de vie des glossines, à éliminer la grande faune ce qui entraîne la disparition des glossines de savane alors que les glossines riveraines résistent beaucoup mieux, phénomène bien connu dans le cas de la maladie du sommeil (Courtin et al. 2009) ; cela sélectionne les espèces de trypanosomes associées à ces dernières, comme *T. vivax* dont elles sont d'excellents vecteurs (Reifenberg et al. 1997) ; ce dernier a en outre un cycle extrinsèque plus court, et est donc favorisé par la réduction de la durée de vie des glossines ;
- le bétail devient la principale source de nourriture des glossines, ce qui favorise des souches de trypanosomes moins virulentes (Masumu et al. 2006) et permet en outre un meilleur contrôle de ces dernières par les traitements insecticides épicutanés.

Les changements environnementaux (en particulier les changements anthropiques locaux) favorisent ainsi le passage progressif du cycle sylvatique originel à une transmission endémique au sein du bétail, et une transmission d'interface occasionnelle en bordure des zones protégées, où le risque de transmission est le plus important (Bouyer et al. 2006, Guerrini and Bouyer 2007).

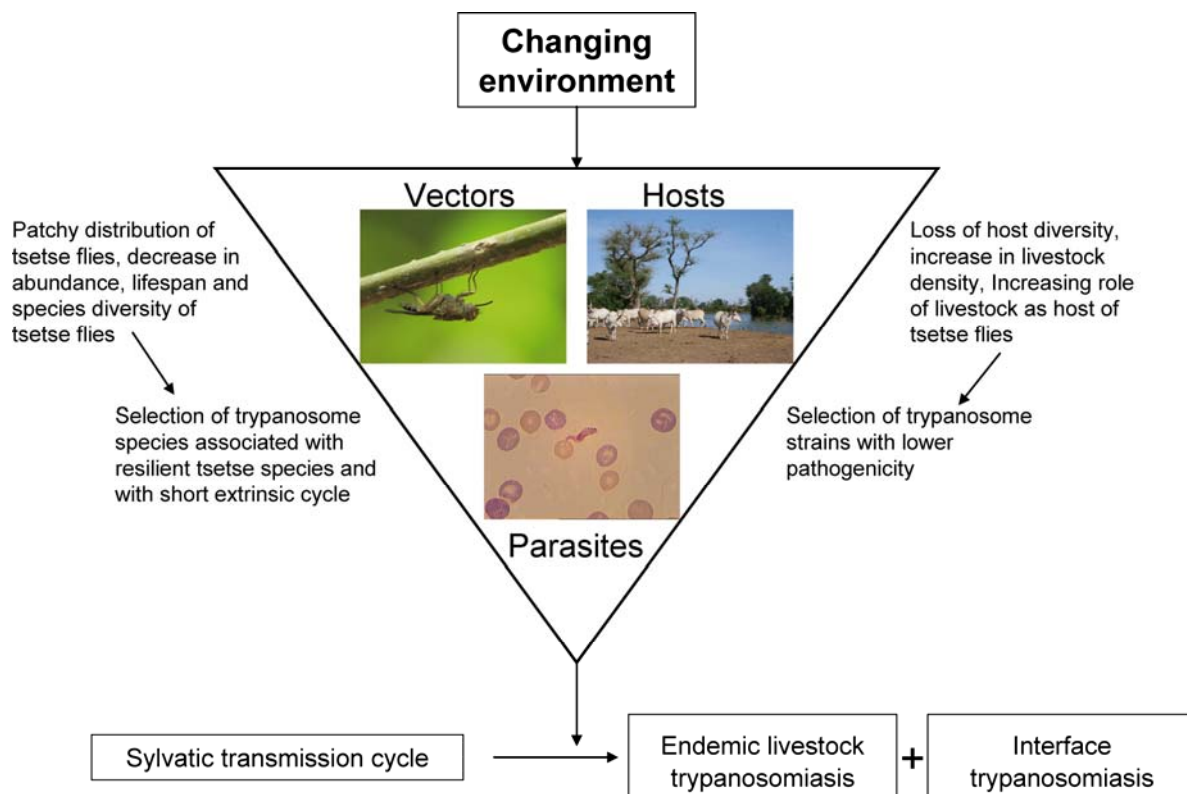


Fig. 7. Impact des changements environnementaux sur l'épidémiologie des TAA (Van den Bossche et al. 2010).

## 4.5. Contrôle des glossines

### 4.5.1 Méthodes de lutte

De nombreuses méthodes de lutte sont disponibles contre les glossines, allant de la pulvérisation d'insecticides à la technique des mâles stériles, en passant par l'utilisation de pièges ou d'écrans imprégnés d'insecticides. Il est cependant toujours possible de perfectionner certaines méthodes grâce à des recherches sur d'écologie vectorielle, comme cela a été le cas pour le développement de l'utilisation du pédiluve insecticide comme méthode de lutte contre les glossines (voir section précédente).

La démonstration de l'efficacité de cette technique (phases I à IV de l'OMS) a entraîné la diffusion de cette méthode par deux projets de développement au Burkina Faso (fig. 8) : le projet d'appui au renforcement institutionnel des organisations professionnelles d'éleveurs modernes (Ariope) (Stachurski et al. 2006), et le projet d'appui à l'élevage dans l'Ouest du Burkina Faso (Bouyer et al. 2009a). Une étude socio-économique a alors été menée pour quantifier le niveau d'adoption de cette nouvelle technique et comprendre les facteurs d'adoption et de rejet (Bouyer 2009a). L'adoption a été quantifiée par des indicateurs comme le nombre de troupeaux ou d'animaux traités, la fréquence de traitement, le pourcentage d'utilisateurs parmi les éleveurs ayant accès au dispositif. Elle a été confrontée aux caractéristiques des systèmes d'élevage et aux connaissances des éleveurs du système épidémiologique. La structure des élevages et leur degré de modernité (notamment, l'adoption

antérieure d'autres innovations) se sont avérés déterminants pour expliquer le niveau d'adoption du pédiluve, de même que certains facteurs sociaux (impact potentiel de la technique sur la hiérarchie sociale en place, importance du risque économique engagé...), alors que les différents groupes d'éleveurs identifiés présentaient des connaissances similaires (relativement faibles) du système épidémiologique (Bouyer et al. 2009a).

Cette technique, particulièrement bien adaptée aux élevages modernes en situation péri-urbaine, en particulier ceux en voie d'intensification, sera employée dans le cadre du projet d'élimination des glossines au Sénégal au niveau des fermes laitières intensives. Son efficacité est également en cours d'évaluation contre *A. variegatum* et les glossines (*G. tachinoides*, *G. fuscipes fuscipes*, *G. morsitans submorsitans*) en Afrique Centrale, au sud du Tchad, à proximité de foyers de maladie du sommeil, dans le cadre d'une thèse co-encadrée (N. Ndeledje). Les perspectives d'utilisation de cette innovation en lutte anti-vectorielle intégrée et participative (exécutée par les éleveurs eux-mêmes), est actuellement reconnue sur le plan international (<http://www.researchintouse.com/nrk/RIUinfo/PF/LPP14.htm>): elle permet en effet une réduction du coût des traitements, une amélioration de la qualité de vie des éleveurs (réduction du temps de traitement) et une réduction de l'impact environnemental (réduction des quantités d'insecticide utilisées).

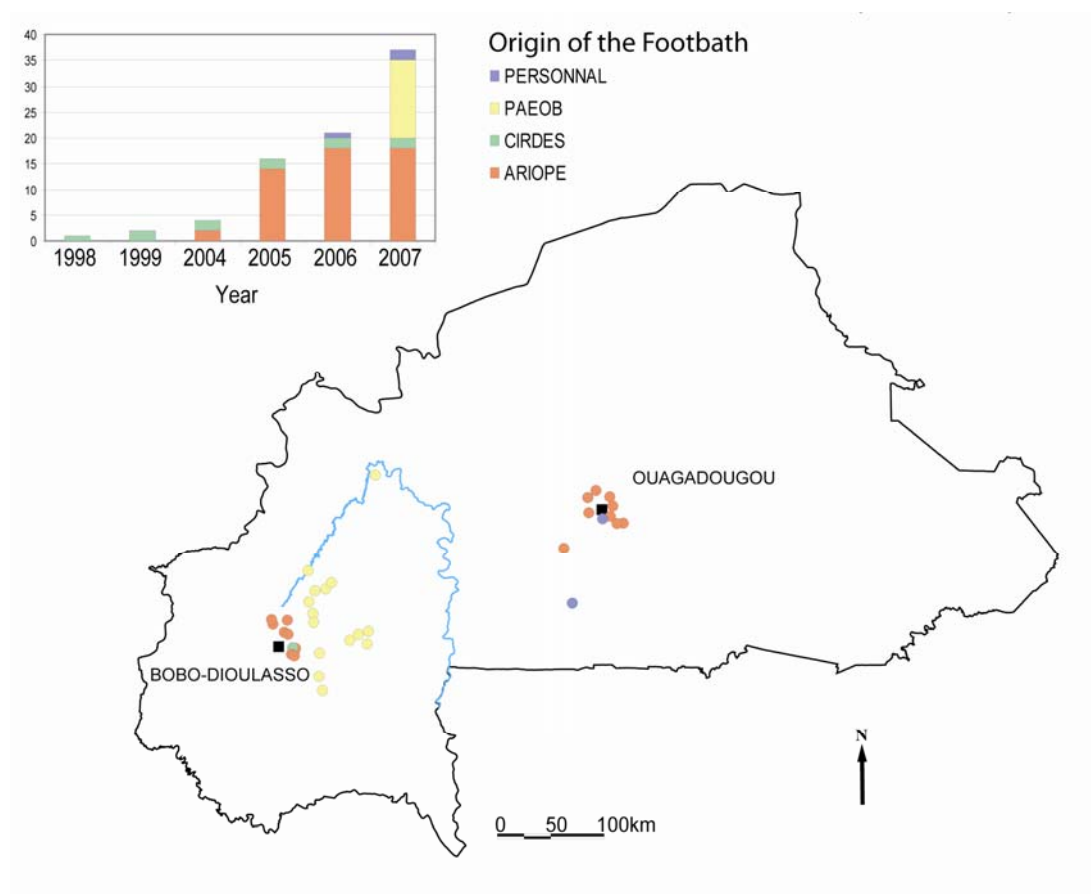


Fig. 8. Localisation géographique des pédiluves au Burkina Faso, en fonction de leur origine (Bouyer et al. 2009a).

Nous avons également testé récemment un produit insecticide (pour on) combinant un répulsif (la citronnelle) à des insecticides, et qui s'est avéré avoir une efficacité exceptionnelle contre les glossines, avec un T50 du taux de paralysie de 37j (E.C.95% 33-41j), et de plus un effet protecteur contre les piqures très rémanent (T50 de 46j, E.C95% 39-56j), ce qui permet d'espérer un effet immédiat sur l'incidence trypanosomienne (données non publiées).

#### 4.5.2 *Etudes de faisabilité et stratégies de lutte*

La sélection des méthodes de lutte les plus appropriées en fonction de chaque situation socio-écologique demande la réalisation d'une étude de faisabilité avant toute campagne de lutte. Le principal objet de notre recherche est actuellement d'optimiser le choix et la combinaison de ces méthodes en se basant sur une connaissance approfondie de l'écologie locale des populations cibles de glossines, c'est à dire de faire de la lutte intégrée (Integrated Pest Management ou IPM) (Vreysen et al. 2007). Nous sommes par ailleurs convaincus que ces méthodes devront être choisies après avoir défini clairement la stratégie choisie, qui peut être une suppression à long terme ou une élimination et nécessite une connaissance fine des populations cibles, c'est-à-dire d'être capable de penser à l'échelle des populations (Area-wide ou AW). En effet, si l'élimination est souvent la stratégie la plus rentable, permettant des bénéfices perpétuels, elle n'est pas toujours possible, car elle nécessite de s'attaquer soit à de « petites » populations isolées, comme cela a été le cas pour *G. austeni* à Zanzibar (Vreysen et al. 2000), soit isolables par des barrières à la ré-invasion durables, ou encore d'être capable d'étendre la zone de lutte au fur et à mesure de l'avancée du programme de lutte, au delà des frontières des états (Wyss 2006), jusqu'à atteindre les limites de la population cible (fig. 9).

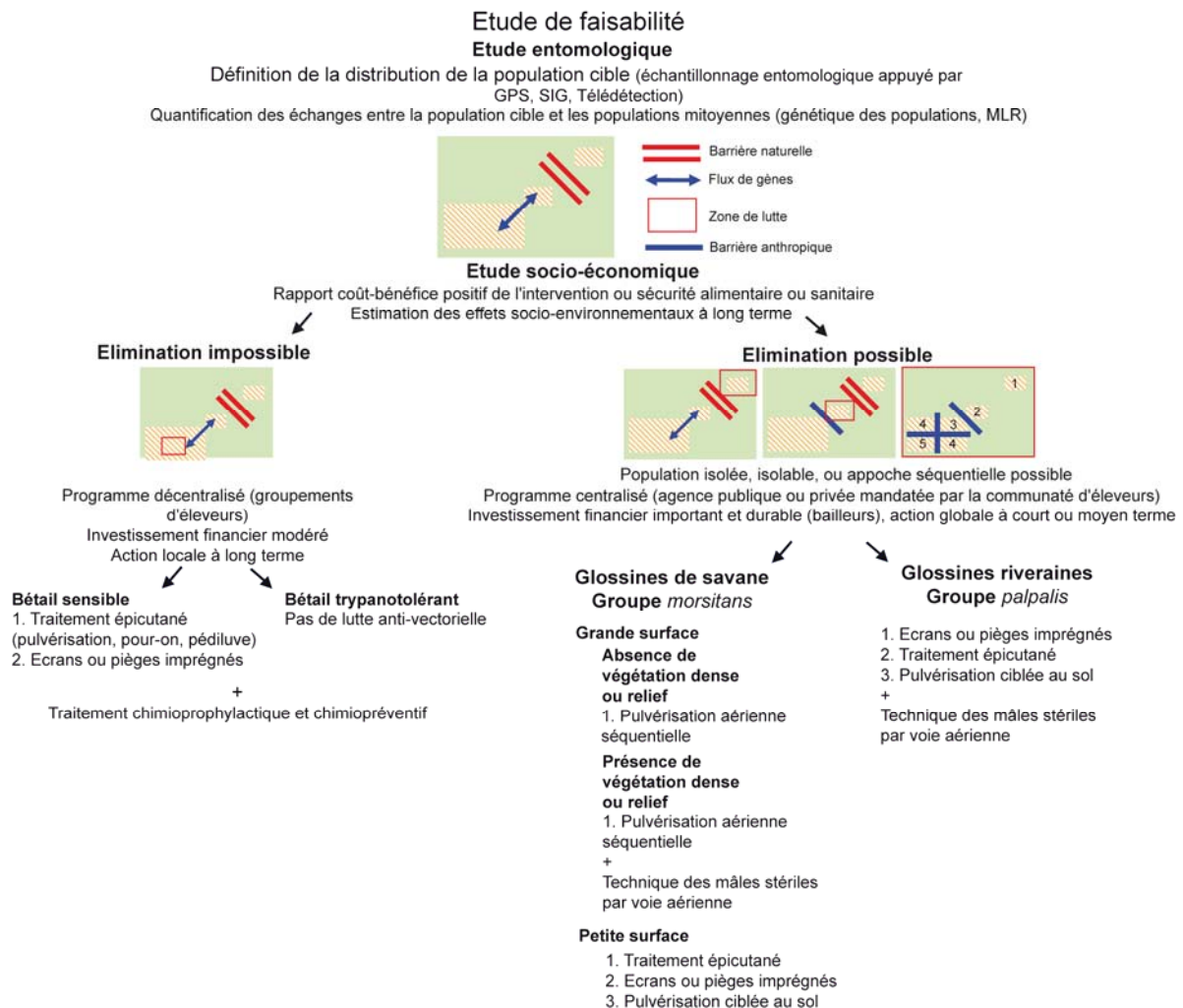


Fig. 9. Choix stratégique des stratégies et méthodes de lutte adaptées en fonction du contexte.

Si cette stratégie d'élimination est choisie, elle doit être mise en œuvre par un organisme public (ou privé mais investi d'un mandat public) représentant toute la communauté des éleveurs bénéficiaires. Cette stratégie requiert en effet une centralisation des moyens techniques et financiers (qui peuvent être très élevés), allant de paire avec une volonté politique stable. Si l'on prend une espèce comme *G. tachinoides*, cela supposerait d'avoir un projet transfrontalier allant de la Guinée au Cameroun, ce qui est difficilement envisageable à l'heure actuelle (fig. 10). Le choix entre ces stratégies ne peut donc se faire qu'après une étude de faisabilité, qui pose généralement de nombreuses questions de recherche, en particulier pour définir les limites des populations cibles et leurs échanges avec les populations voisines. Ces questions sont abordées en collaboration étroite avec l'unité d'entomologie conjointe FAO/AIEA, et en particulier avec M.J.B. Vreysen, spécialiste de l'AW-IPM et responsable de cette unité.

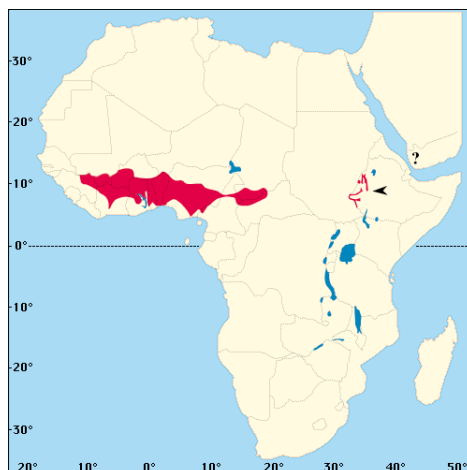


Fig. 10. Distribution de *G. tachinoides* (source : « Les Glossines ou mouches tsé-tsé », Logiciel d'identification et d'enseignement, Orstom / Cirad).

Or, le choix de la stratégie est un préalable au choix des méthodes les plus adaptées (fig. 9). Un projet d'élimination (à durée de vie très courte), pourra utiliser des méthodes très coûteuses grâce à l'obtention espérée d'un bénéfice perpétuel. C'est par exemple le cas de l'épandage aérien d'insecticides (Kgori et al. 2006) ou de la technique des mâles stériles appliquée par voie aérienne (Vreysen et al. 2000). Au contraire, un projet local de réduction durable des densités des populations de glossines devra choisir des options peu coûteuses, bien adoptées par les éleveurs, et garantissant une rentabilité durable de la production.

Ainsi, lorsqu'on veut améliorer la productivité de l'élevage dans une zone située en plein milieu de cette aire de répartition, comme dans le bassin du Mouhoun au Burkina Faso, une suppression semble plus réaliste. Elle sera alors basée sur la participation des bénéficiaires, avec des moyens plus modérés et des techniques leur apportant une amélioration visible de la productivité en touchant directement leurs biens privés, en particulier le bétail, comme c'est le cas du traitement épicutané qui a un effet démonstratif sur les tiques (Bauer et al. 1999, Hargrove 2003), et dont fait partie de le pédiluve insecticide, présenté précédemment. D'autres techniques, comme l'entourage des étables par des moustiquaires imprégnées d'insecticide, sont par ailleurs parfaitement adaptées à la protection des élevages intensifs en stabulation permanente à des coûts parfaitement compatibles avec les moyens des éleveurs (Bauer et al. 2005).

Enfin, un élément fondamental pour la sélection (et l'intégration) des méthodes de lutte les plus adaptées est leur efficacité densité-dépendante : alors que la plupart des méthodes voient leur efficacité diminuer avec la réduction des populations cibles, la SIT ayant des propriétés inverses (fig. 11). Par exemple, l'efficacité des écrans et pièges diminue avec la réduction de la dispersion de glossines (qui diminue la probabilité qu'une mouche rencontre un piège), or cette dispersion est densité dépendante (Gouteux et al. 2001), c'est-à-dire qu'elle diminue avec la densité de la population cible. Il sera alors facile d'obtenir une réduction, même importante (>99%) des densités, mais les quelques poches de glossines restantes (dans le cas des espèces du groupe palpalis, autour d'un trou de reptile) resteront hors de portée de ces méthodes. Toutes les techniques peuvent donc servir pour la réduction, à par la SIT qui serait alors trop coûteuse. En revanche, celle-ci devient extrêmement efficace quand la densité de la population diminue, puisqu'il est alors plus facile d'imposer un ratio mâles stériles/mâles sauvages élevé. On comprend alors l'intérêt de combiner des techniques possédant des



propriétés très différentes, ce qui est à la base du principe de la lutte intégrée, dont l'intérêt est bien connu pour la lutte contre de nombreux insectes ravageurs (Vreysen et al. 2007), mais totalement oublié ou négligé dans le cas des glossines (Vale and Torr 2005). La seule autre technique possédant des propriétés éradicatrices est la SAT (Sequential Aerial Spraying) appliquée par avion, à condition que 100% des adultes puissent être tués à chaque passage, c'est-à-dire qu'il n'existe pas de refuges pour les glossines (végétation dense, relief...).

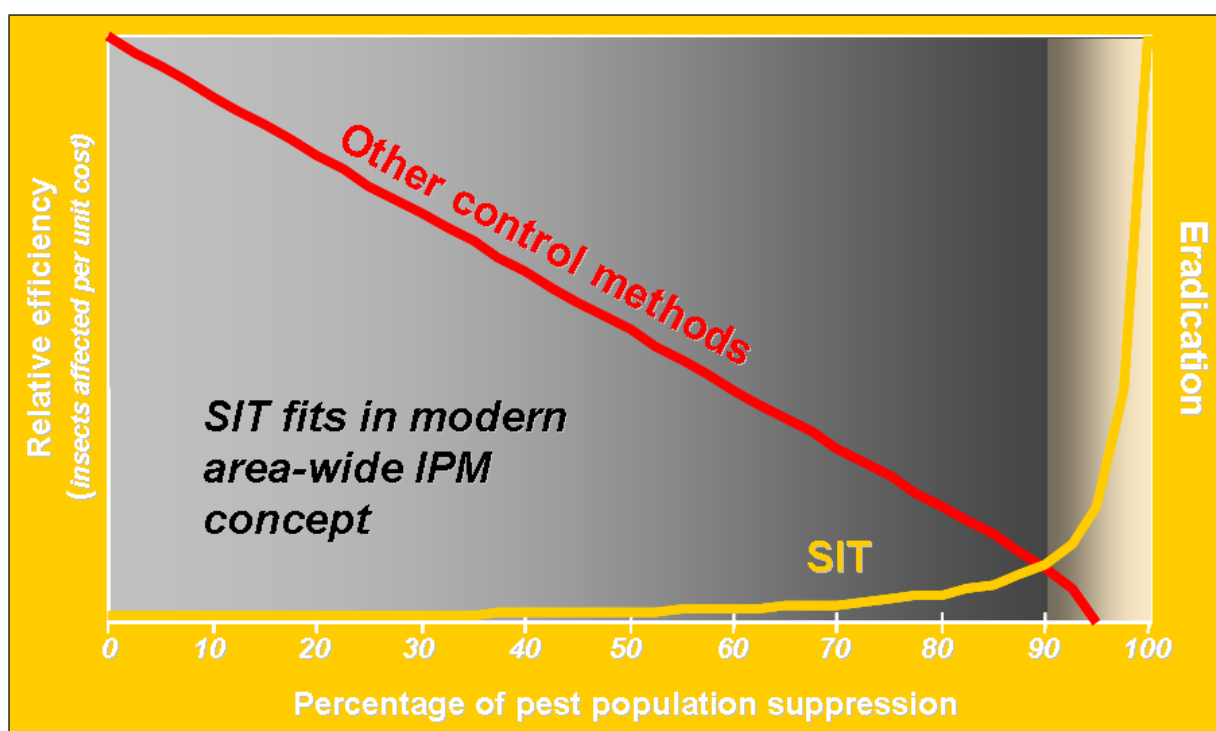


Fig. 11. Efficacité relative des méthodes de lutte contre les glossines en fonction du pourcentage de réduction de la population cible (source : M. Vreysen, AIEA).

#### 4.5.2.1 Définition de la distribution d'une population cible

La définition des limites d'une population cible nécessite l'utilisation de techniques d'échantillonnage entomologique, qui font l'un de nos objets de recherche, en collaboration avec R. Lancelot (UMR CMAEE du Cirad). Les résultats présentés ci-dessus sur la spatialisation des habitats favorables aux glossines peuvent en effet être mis à profit pour optimiser de telles études, comme cela a été réalisé récemment au Sénégal.

Nous avons ainsi réduit de 96% la surface à échantillonner sur une zone de 7150km<sup>2</sup>, après avoir défini les gîtes favorables de *G. palpalis gambiensis* dans cette zone écologique particulière correspondant à l'extrême Nord-Ouest de son aire de répartition. Ces gîtes, qui correspondaient à des zones où une végétation forestière ou d'origine anthropique reste photo-active toute l'année grâce à la présence d'eau de surface, ont ensuite été cartographiés par télédétection à partir d'images Landsat de fin de saison sèche avec l'aide de L. Guerrini (UPR Agirs, Cirad) (fig. 11).



En outre, ne pas capturer un insecte ne veut pas dire qu'il soit absent. Un modèle de présence utilisant la surface d'habitat favorable, le nombre de pièges posés, la durée du piégeage, l'efficacité intrinsèque du piège et la population résidente minimale à détecter (Barclay and Hargrove 2005) a été utilisé en temps réel pour quantifier la précision du protocole d'échantillonnage entomologique. Des allers-retours entre SIG et GPS ont permis d'obtenir une carte de distribution de la population cible (occupant 525km<sup>2</sup>), avec une précision quantifiée (Bouyer et al. 2010a).

Dans cette zone urbaine, l'utilisation de la télédétection a en outre permis de détecter des populations qui n'auraient pas pu l'être à partir du sol (camps militaires, propriétés privées) et qui sont probablement à l'origine de l'échec des deux campagnes de lutte précédentes, menées dans les années 70 (Touré 1972). Les sites où la probabilité de présence des glossines, malgré une absence de capture, reste supérieure à 5% (seuil de risque fixé), seront par la suite traités comme des zones infestées afin de prévenir toute possibilité de population résiduelle, qui pourrait remettre en cause toute la rentabilité du programme.

La recherche appliquée s'est donc ici avérée un outil précieux pour le programme d'élimination des glossines dans les Niayes, où je suis affecté actuellement comme assistant scientifique.

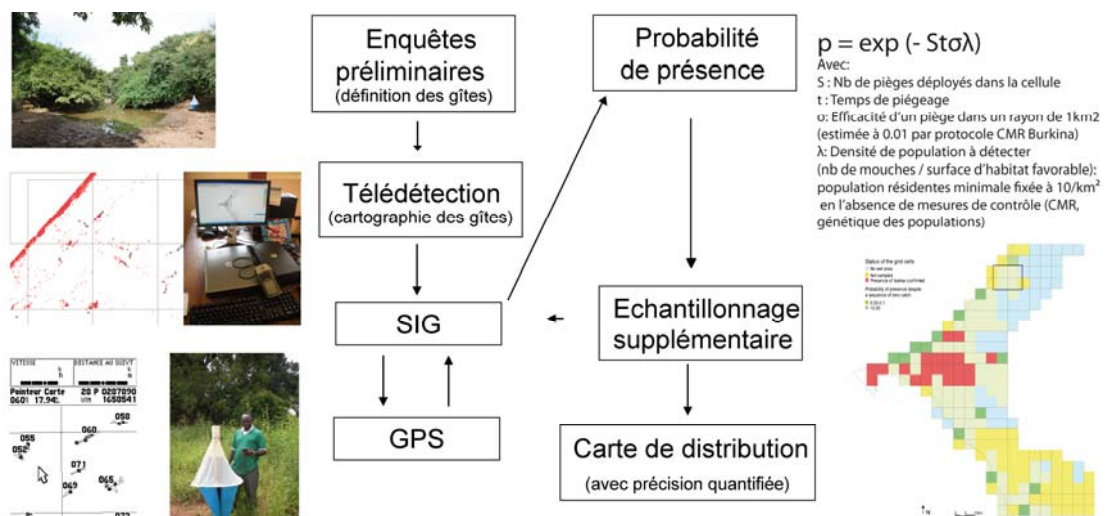


Fig. 12. Protocole d'échantillonnage entomologique utilisé dans le cadre du projet d'élimination des glossines dans les Niayes au Sénégal.

#### 4.5.2.2 Degré d'isolement d'une population cible

L'étude de la structure génétique des populations cible est de plus en plus identifiée comme déterminante (Solano et al. 2010a), dans le cadre de la phase de collecte des données entomologiques de base (faisant partie des études de faisabilité des campagnes de lutte). Elle permet en effet de quantifier les flux d'individus entre populations, et de choisir la stratégie la plus adaptée, entre élimination quand celle-ci est isolée, ou qu'une approche séquentielle est possible (Wyss 2006) et suppression (ou réduction) des populations quand ce n'est pas le cas (fig. 12).

Un isolement complet a ainsi été démontré dans le cas des îles de Loos en Guinée (Camara et al. 2006, Solano et al. 2009) ou de la zone des Niayes au Sénégal (Solano et al. 2010b), ce qui a permis de conseiller une stratégie d'élimination aux projets de développement qui s'y déroulent, coordonnés par le Programme National de Lutte contre la Trypanosomiase Humaine (PNLTHA) en Guinée et la Direction des Services Vétérinaires (DSV) au Sénégal (fig. 12).

Dans le bassin du Mouhoun au contraire (fig. 12), le flux de gène important le long de ses branches ascendantes ou descendantes, en particulier pour *G. tachinoides* dont des populations séparées par 70km en moyenne sont en panmixie (Bouyer et al. 2008c, Bouyer et al. 2009c, Kone et al. 2010), conduit à déconseiller au programme PATTEC la stratégie actuelle d'élimination dans la zone I (boucle du Mouhoun, <http://www.pattec.bf/>). Ceci est d'autant plus vrai que nous avons démontré que ce bassin hydrographique n'est probablement pas isolé de celui de celui de la Comoé, situé immédiatement plus au Sud (Bouyer et al. 2010b). Ce programme a cependant choisi de poursuivre sa stratégie d'élimination en implantant des barrières à la dispersion, aux limites successives des blocs de lutte, ce qui ne fonctionnera que si la zone de lutte peut être agrandie dans toutes les directions de manière itérative (fig. 9). C'est en théorie possible puisque qu'un programme d'élimination à échelle régionale a déjà réussi dans cette région, celui d'élimination de l'onchocercose (Hougard et al. 2001). Il existe en effet d'autres programmes d'élimination au Ghana et au Mali dans le cadre de la PATTEC (<http://www.pattec.org/>). Cela nécessiterait toutefois que ces programmes soient englobés dans un programme régional avec un mandat réel de coordination, ce qui n'est pas le cas à l'heure actuelle. De plus, les barrières devraient être implantées au niveau des sections de rivière les plus fragmentées, identifiables par télédétection (Guerrini et al. 2008). Une étude génétique lancée par l'AIEA (M. Vreysen) est actuellement en cours à l'échelle régionale : couplée à une étude fragmentation des paysages, elle devrait permettre de quantifier l'intensité des contacts entre populations de glossines de bassins versants mitoyens (voir section Projet de Recherche), information qui serait extrêmement utile à un éventuel programme de coordination régional.

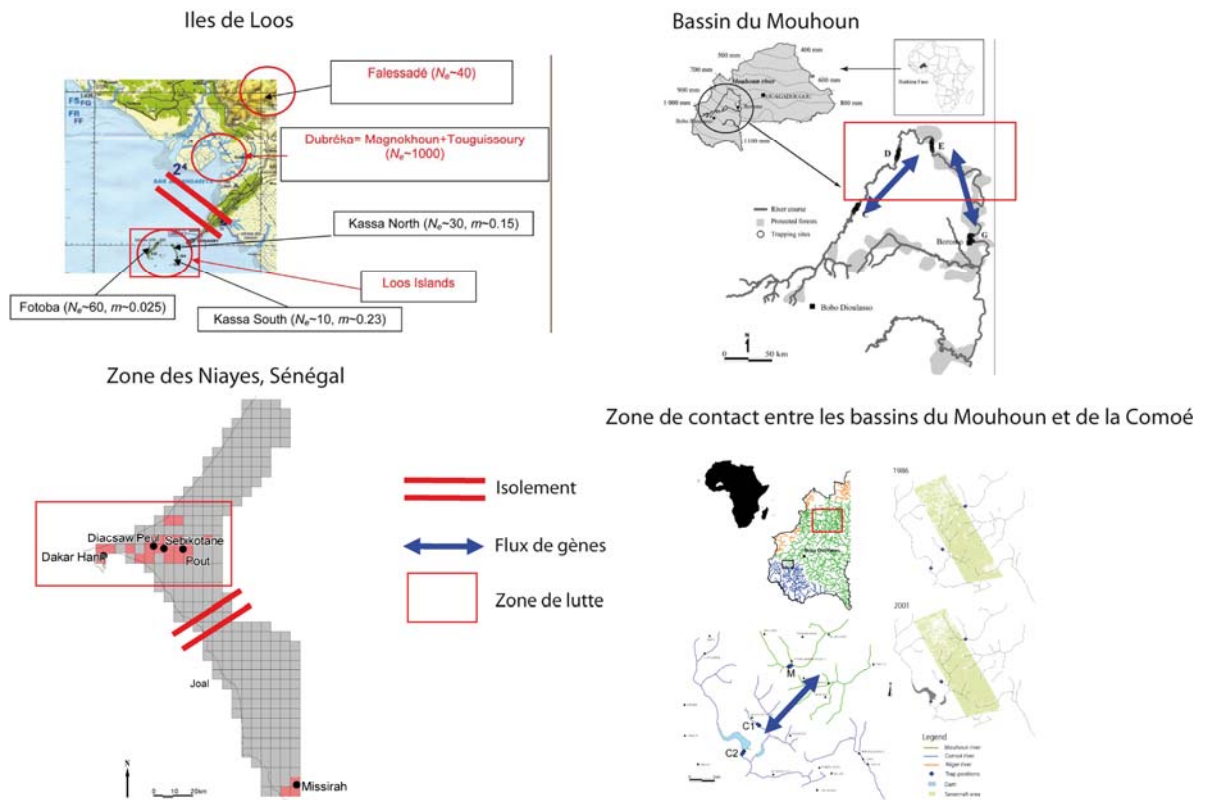


Fig. 13. Isolement des zones de lutte (gauche) en Guinée et au Sénégal et flux de gènes entre zone de lutte et populations mitoyennes au Burkina Faso (source des images : publications correspondantes, citées dans le texte).

## **5. Présentation d'un Projet de Recherche : « Dynamique spatio-temporelle des metapopulations de glossines et optimisation de la lutte anti-vectorielle »**

### **5.1. Introduction**

Le concept AW-IPM (Area-Wide Integrated Pest Management) constitue la seule option de contrôle durable des populations de vecteurs dans le futur (Vreysen et al. 2007, Vreysen and Robinson 2010). La stratégie AW repose sur le contrôle de l'ensemble d'une population d'un bioagresseur sur un espace délimité, contrairement à une approche au cas par cas (à la parcelle ou au troupeau), où seule une partie de la population est ciblée sur cet espace. La stratégie IPM consiste, quant à elle, en l'utilisation intégrée de différentes tactiques pour prévenir, endiguer, limiter, ou éradiquer la population ciblée. L'efficacité des tactiques peut varier selon la densité de population des insectes nuisibles, faible ou forte, d'où la nécessité de les combiner. Leur combinaison optimale repose cependant sur une compréhension fine de la dynamique des populations cibles, et de l'impact des différentes méthodes en fonction de leur densité.

Il existe actuellement des modèles déterministes de dynamique des populations de glossines, qui ont eu un grand intérêt pour la conceptualisation de la lutte anti-vectorielle (Rogers 1990, Hargrove 2000, Gouteux et al. 2001). Ces modèles sont cependant trop simples (voir simplistes) et aboutissent à des conclusions erronées, comme l'absence d'intérêt de la SIT pour achever une population (Vale and Torr 2005), sans tenir compte de sa propriété de densité-dépendance inverse, c'est-à-dire que contrairement à toutes les autres techniques, elle marche d'autant mieux que la population diminue, grâce à une augmentation du ratio mâles stériles/mâles sauvages. Ces modèles sont déterministes, ne permettent pas de prendre convenablement en compte l'espace (notamment son hétérogénéité et sa dynamique dans le temps), les comportements complexes des glossines (philopatrie, fidélité d'hôte, dispersion densité dépendante, générations superposées ...). Surtout, ils ne permettent pas de différencier les sous-genres de glossines (ne parlons pas des espèces), malgré des comportements trophiques très différents connus de longue date (Weitz 1963), ou encore des modes de dispersion variés (Hargrove and Lange 1989, Bouyer et al. 2007a). Bien que n'ayant pas été validés selon les critères généralement requis en écologie (Peck 2004, Peck 2008), ces modèles servent à prendre des décisions politiques quant aux stratégies et méthodes de lutte à choisir (Vale and Torr 2005), ou à critiquer de telles décisions (Enserink 2007), ce qui nous semble inacceptable.

L'une des limites des modèles utilisés est que ce sont des modèles déterministes à compartiments où l'on modélise le comportement moyen d'une population pour faire des prédictions sur quelques individus (approche top-down), alors que dans le cas d'une campagne d'élimination, le comportement des quelques individus survivants potentiels est extrêmement important (par exemple, la probabilité de survie de la dernière femelle fécondée). Ces vingt dernières années, les nombreuses limites de cette approche ont été soulignées, les comportements des individus d'une espèce donnée étant en réalité très variables, en particulier dans les environnements complexes (Mitchell 2003). Les modèles individus-centrés partent au contraire de l'individu pour en déduire des conséquences sur les populations (approche down-top) (Grimm and Railsback 2005). On modélise alors les interactions de l'individu avec ses congénères et avec son environnement, et on réalise des simulations (qui demandent un matériel informatique spécialisé).

Dans le cadre de ce projet, qui se place en recherche d'accompagnement du projet d'élimination des glossines dans les Niayes coordonné par la DSV du Sénégal, nous avons donc décidé d'étudier la dynamique spatio-temporelle des metapopulations de glossines dans cette zone et dans la sous-région, en mettant en place un modèle individu-centré qui sera alimenté par une description de la fragmentation de l'espace par des études de télédétection, des données entomologiques collectées sur le terrain et des études de génétique des populations visant à réaliser des inférences démographiques.

## 5.2. Objectifs

Ce projet inclut à la fois des objectifs de recherche fondamentale (RF) et de recherche finalisée appliquée au développement (RD) :

- RF1 contribution à la compréhension de la dynamique spatio-temporelle et de la microévolution d'une metapopulation animale en paysage fragmenté (intérêt générique pour la lutte contre les ravageurs et pour la protection des espèces sensibles);
- RF2 élaboration de modèles de populations intégrant données démographiques et génétiques ;
- RD1 obtention d'un témoin virtuel dynamique de ce que serait l'évolution de la population cible en l'absence de mesures de contrôle vectoriel (mesure de l'efficacité de la lutte par comparaison à ce modèle) ;
- RD2 Intégration optimale des différentes techniques de lutte pour aboutir à l'éradication de la population cible ; (par exemple, en répondant à des questions comme : faut-il laisser les écrans imprégnés lorsque les lâchers de mâles stériles ont commencé ou est-il préférable de les enlever pour ne pas tuer les mouches lâchées ? Quelle est la densité optimale des écrans imprégnés à utiliser en phase de réduction des densités ?)
- RD3 réalisation d'une carte des contacts entre populations de *G. tachinoides* et *G. palpalis gambiensis* d'Afrique de l'Ouest, permettant aux projets PATTEC de mettre en place une approche séquentielle de l'élimination à l'échelle régionale.

## 5.3. Matériel et Méthodes

### 5.3.1 Dynamique des paysages fragmentés

Nous avons montré dans la section « bilan des activités de recherche » qu'une étude phyto-sociologique a permis de caractériser et de cartographier l'habitat favorable aux glossines dans les Niayes (Bouyer et al. 2010a). De là à en déduire un modèle de distribution basée sur la fragmentation de cet habitat, comme nous l'avons fait au Burkina Faso dans le bassin du Mouhoun à une échelle semblable (Guerrini et al. 2008), il n'y a plus qu'un pas. Nous désirons cependant cette fois aborder la fragmentation de manière dynamique, en analysant une série diachronique d'images Landsat, et en modélisant l'évolution de la fragmentation dans les Niayes. Les données Landsat sont des données à forte résolution spatiale et à faible résolution temporelle. Elles seront combinées à des données Modis qui permettent au contraire de suivre l'évolution des paramètres climatique à une résolution spatiale moyenne (pixels de 1km<sup>2</sup>) mais avec une forte résolution temporelle (données quotidiennes) (fig. 1). Ce second type de données sera validé par l'utilisation de données issues de 10 mini-stations météorologiques couvrant la zone des Niayes, dans le cadre d'un projet d'étude des mouches des fruits (coordonné par Jean-Yves Rey, CIRAD).

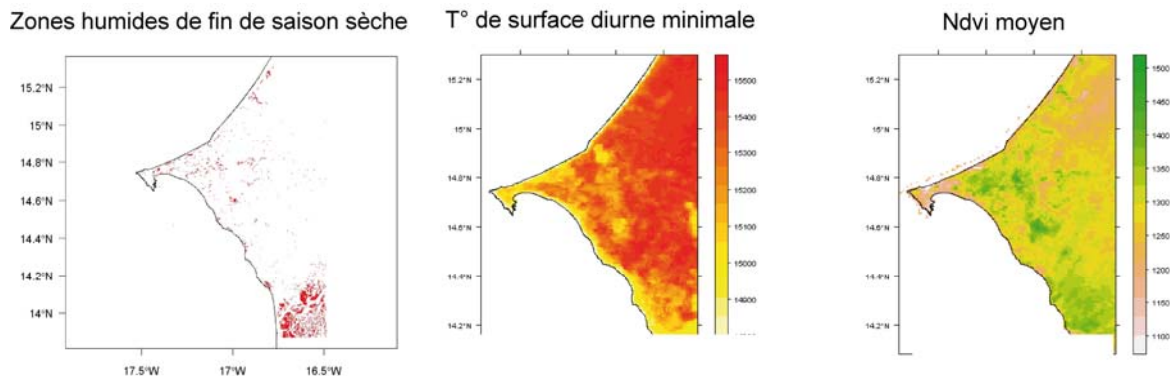


Fig. 1. Données satellites à haute résolution (panel gauche, pixels de 30\*30m, classification supervisée d'images Landsat réalisée par L. Guerrini) et moyenne résolution spatiale (panel central et droit, pixels de 1\*1km, données Modis pré-analysées par l'équipe de D. Rogers, Oxford University) disponibles pour la zone d'étude.

En ce qui concerne l'étude régionale, un changement d'échelle et donc d'outils sera nécessaire, car il n'est pas envisageable de traiter des images Landsat sur une telle surface. Nous utiliserons donc des données de type Landcover (issues de l'interprétation automatisée des images Landsat), par exemple le recouvrement arboré ou le type de végétation, pour remplacer nos données à haute résolution générées spécifiquement pour la zone des Niayes (panel gauche de la fig. 1) (Cecchi et al. 2008). Nous pourrions également utiliser des données comme les couches hydroshed, qui permettent de reconstituer les réseaux hydrographiques à partir des accumulations de flux utilisant l'altitudes des pixels pour en déduire le sens de l'écoulement de l'eau (flow accumulation, voir fig. 2) (Cecchi and Mattioli 2009). Les données Modis sont quant à elles disponibles à l'échelle continentale. Pour cette étude régionale, nous nous servirons de la zone des Niayes comme zone d'apprentissage et du bassin du Mouhoun comme zone de validation.

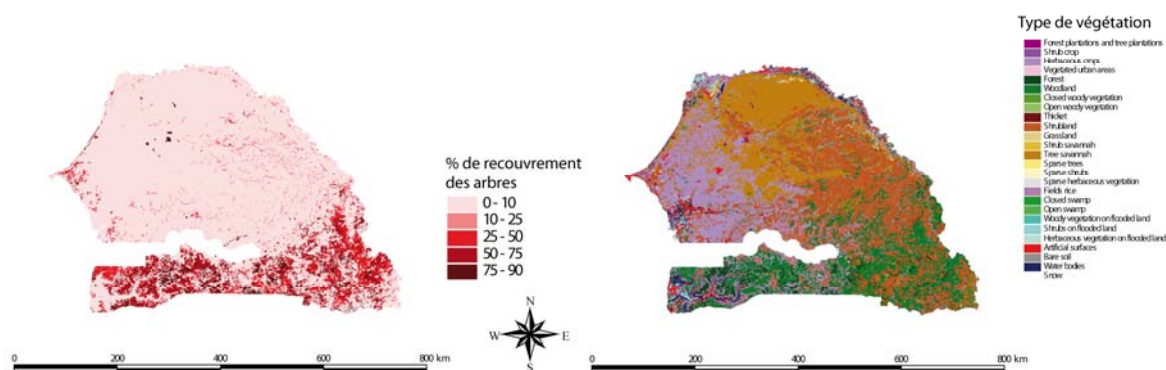


Fig. 2. Exemples de données issues du Global Landcover pouvant être utilisées pour la cartographie de la distribution des glossines à l'échelle régionale (source : G. Cecchi, FAO/PAAT).

Dans les deux cas (échelle locale et régionale), les modèles de distribution seront des modèles explicatifs, ou les données climatiques et d'occupation des sols seront mises en relation avec des paramètres démographiques dérivés des modèles de dynamique des populations décrits ci-dessous, et non pas des modèles statistiques (voir section Bilan).

### 5.3.2 Enquêtes entomologiques

#### 5.3.2.1 Cartes de distribution

Nous disposons déjà d'une série de données entomologiques obtenues pendant la saison sèche 2008 pour la zone des Niayes (voir partie bilan) (Bouyer et al. 2010a).

Par ailleurs, des projets PATTEC ont récemment collecté des données actualisées au Mali, Burkina Faso (Courtin et al. 2010) et Ghana. Ces données seront disponibles sur le site du PAAT-IS (<http://www.fao.org/geonetwork/srv/en/main.home>), et la participation de G. Cecchi à ce projet nous garantit les meilleures conditions pour pouvoir actualiser les cartes de distributions de *G. palpalis gambiensis* à l'échelle régionale. Nous sommes par ailleurs en contact direct avec le CIRDES où ces données sont également disponibles.

#### 5.3.2.2 Suivis démographiques

Dans la zone des Niayes, nous avons mis en place des suivis longitudinaux depuis janvier 2008 dans 4 sites localisés dans des paysages représentatifs de la zone infestée (d'ouest en est, Dakar Hann dans une forêt marécageuse, Diacsa Peuhl dans un cordon ripicole, Sebikotane dans un verger d'orangers et Pout dans un verger de manguiers). Ces suivis ont été mensuels de janvier 2008 à janvier 2009, trimestriels ensuite (ils sont encore en cours) (fig. 3). Ils correspondent à 10 pièges biconiques Challier-Laveissière posés pendant 3 jours à chaque fois. Les glossines femelles sont disséquées pour détermination de l'âge physiologique (50 par campagne) afin d'estimer les pyramides de population, qui permettent de paramétrer les modèles démographiques. Ces suivis sont complétés depuis novembre 2009 par un suivi des densités au Nord de la zone dans une palmeraie (Kahyar).



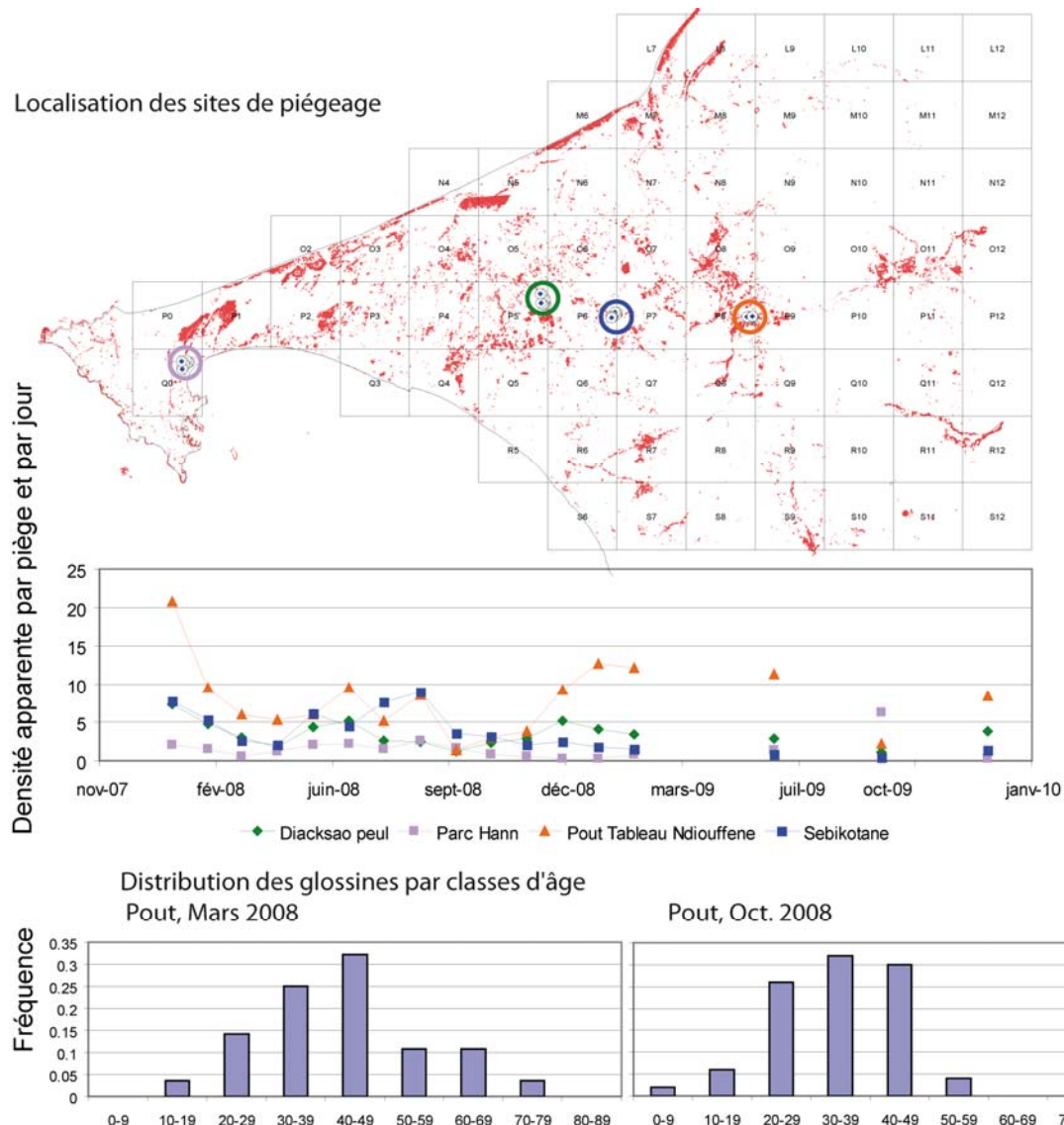


Fig. 3. De haut en bas, localisation des sites de suivi longitudinal dans la zone des Niayes, évolution des DAP de novembre 2007 à décembre 2009 et exemples de pyramides des âges dans un des sites.

Un jeu de données similaires a été généré dans le cadre du projet WT Fragfly dans trois sites du bassin du Mouhoun, de juin 2006 à octobre 2007, et est disponible pour valider les modèles démographiques élaborés (Koné et al. 2009, Koné et al. 2010).

### 5.3.2.3 Protocoles de lâcher/marquage/recapture

Les protocoles de lâcher/marquage/recapture permettent des estimations directes des paramètres démographiques, comme la densité, la survie ou la dispersion. Nous en avons mis en place au Burkina Faso (Bouyer et al. 2009c), après avoir analysé des séries de données de plus de 20 ans générées au CIRDES par l'équipe de D. Cuisance (Cuisance et al. 1985, Bouyer et al. 2007a).



Ces études présentent l'inconvénient d'être très couteuses et de prendre beaucoup de temps, mais il est indispensable d'obtenir des estimations directes de ces paramètres. Il est donc prévu de réaliser 4 séries de lâchers (2 en saison sèche et 2 en saison des pluies) dans 3 sites différents avec à chaque fois plusieurs sites de lâcher (dans l'habitat favorable, à 200m, 500m, 1km et 2km), soit 60 séries de 1000 à 3000 mouches lâchées. Les glossines sont marquées à l'émergence sans manipulation, par passage dans une couche de sable mélangée à de la poudre fluorescente (Tibayrenc et al. 1971). Les mouches seront produites au CIRDES, irradiées à la dose de 110GY 5 jours avant émergence, et transportées à 10°C par DHL : des essais sont en cours pour optimiser ce transport et un premier lâcher a été réalisé au parc de Hann, suite à un très bon taux d'émergence de glossines en provenance du laboratoire d'entomologie FAO/IAEA de Seibersdorf (98%). Des pièges seront posés autour des sites de lâchers tous les trois jours (et pendant une demi-journée). Les femelles sauvages capturées seront disséquées pour déterminer l'impact des lâchers de mâles stériles sur leur fertilité (paramètre à intégrer dans le modèle pour optimiser la lutte intégrée). Au cas où les glossines en provenance du CIRDES ne seraient pas compétitives dans l'environnement sénégalais, une souche de glossines des Niayes est en cours de constitution (récolte des pupes de femelles sauvages à l'insectarium de l'ISRA et transfert par courrier à l'insectarium du laboratoire d'entomologie FAO/IAEA de Seibersdorf).

Kahyar release site (Niayes)

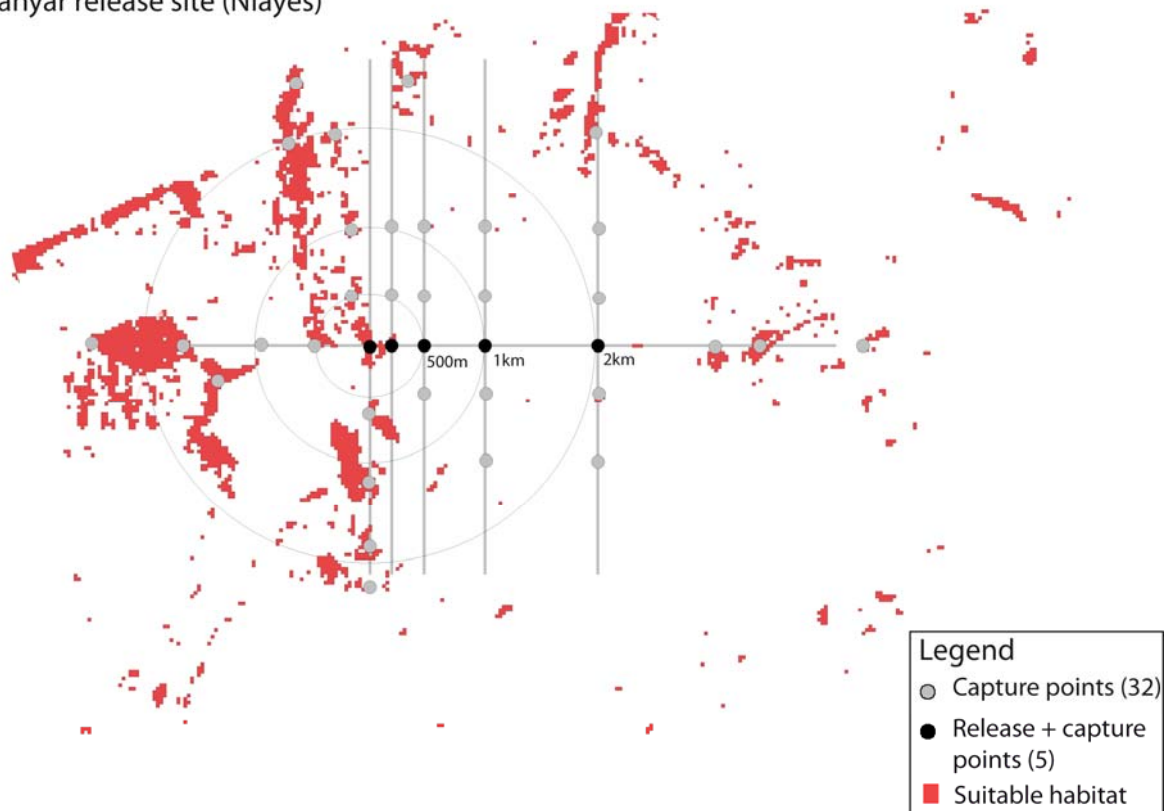


Fig. 4. Exemple de dispositif de lâcher prévu dans un des 3 sites de la zone des Niayes, Kahyar.

Il est également prévu de tester l'utilisation d'un radar harmonique pour suivre les déplacements de glossines équipées de petits transpondeurs passifs collés sur leur thorax (Riley et al. 2007). Cette technique permettrait d'effectuer des mesures directes des déplacements des glossines sans nécessiter l'utilisation d'un système de piégeage qui entraîne de nombreux biais (faible précision, censure spatio-temporelle) et en utilisant un nombre de mouches beaucoup plus réduit. La faisabilité technico-économique de l'utilisation de cette technique est en cours.

### 5.3.3 Etudes génétiques

Nous utiliserons les mêmes outils que ceux utilisés précédemment, à savoir les microsatellites (Solano et al. 1997, Solano et al. 2000, Solano et al. 2009, Solano et al. 2010b), qui semblent très efficaces pour évaluer les processus micro-évolutifs des populations et faire des inférences démographiques car ce sont des marqueurs neutres à taux de mutation élevés (0.001 à 0.0001) (De Meeûs et al. 2007).

#### 5.3.3.1 Zone des Niayes

Une étude préalable a permis de révéler une structuration significative entre 4 populations situées à l'intérieur de la zone des Niayes (Solano et al. 2010b), et un goulot d'étranglement pour l'une d'entre elles, qui correspond probablement à une tentative d'élimination de ces populations dans les années 1970 par l'utilisation d'insecticides rémanents (Touré 1973).

Pour cette zone, nous disposons à l'ISRA d'individus de collection capturés il y a 20-30 ans (nous avons pu vérifier que nous avons plus de 30 individus pour au moins 5 sites et que l'ADN est toujours utilisable pour amplifier les microsatellites utilisés (Sophie Ravel, com. pers.)). Ces individus sont dans certains cas localisés aux mêmes points de capture qu'en 2007, correspondant aux populations déjà génotypées (Parc de Hann, Sebikotane) (Solano et al. 2010b).

Dans le cadre de ce projet, 50 nouvelles populations seront collectées dans cette zone et génotypées (avec 30 individus par population), en prenant soin d'y inclure les localités des captures historiques et récentes. Cela nous permettra de réaliser des comparaisons spatiales (et temporelles pour une partie d'entre elles) des compositions génétiques de ces populations. Ces études permettront d'inférer des paramètres démographiques (densité efficace, dispersion) qui seront utilisés pour paramétrer les modèles de dynamique des populations.

#### 5.3.3.2 Région Ouest-Africaine

Il est également prévu de s'intéresser à la structuration des populations de *G. palpalis gambiensis* (et *G. tachinoides*) à l'échelle de la sous-région. Le but sera ici de quantifier l'impact des barrières physiques (fragmentation des galeries forestières le long du cours d'eau (Bouyer et al. 2009c) et, entre bassins hydrologiques, fragmentation des savanes, type de culture et distance entre les affluents (Bouyer et al. 2010b)), afin de compléter la carte de distribution à l'échelle régionale par une carte de structuration des populations. Cela permettra d'offrir à la PATTEC un outil de sélection des sites d'implantation des barrières à la ré-invasion, en cas de mise en place d'un projet régional d'éradication de *G. palpalis gambiensis* (et *G. tachinoides*) selon une approche séquentielle (tapis roulant).

Cette action est soutenue par l'AIEA, qui a déjà financé la collecte de 41 populations de *G. palpalis gambiensis* du Ghana au Sénégal en 2009-2010 (fig. 5), dont 29 sont déjà génotypées (S. Ravel, UMR17 IRD-CIRAD sur les trypanosomoses).

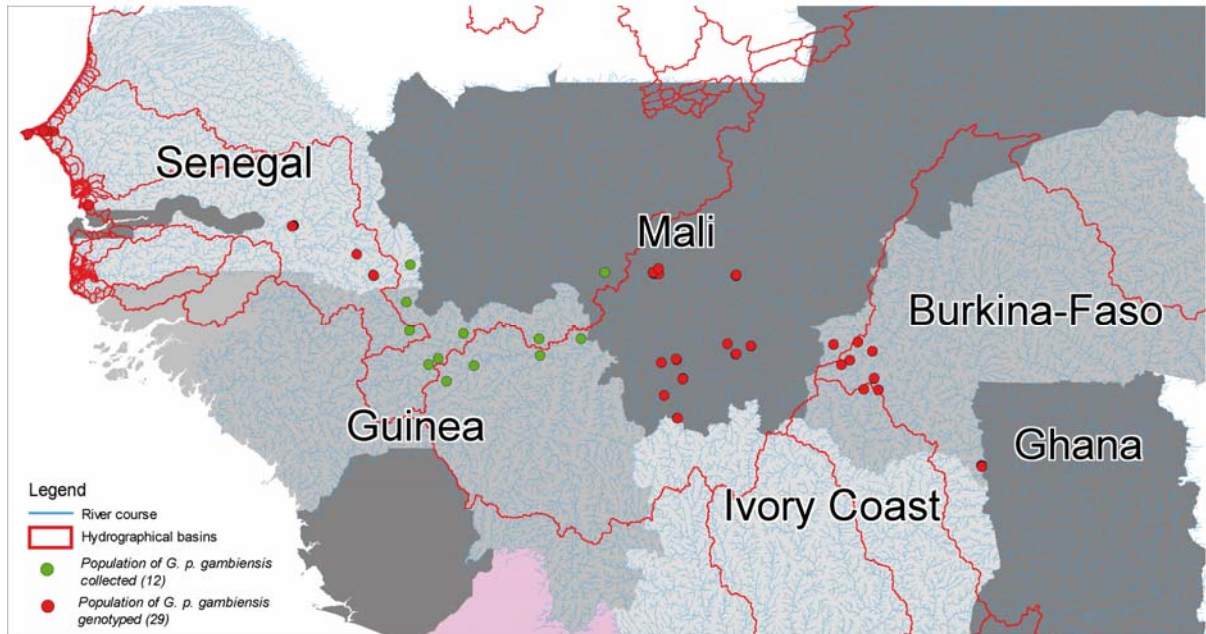


Fig. 5. Localisation des populations de *Glossina palpalis gambiensis* échantillonnées dans le cadre de l'étude de la structure des populations à l'échelle de la sous région Ouest-Africaine (financement IAEA, collecte des échantillons S. Maïga, génotypage UMR17, source des données spatiales : G. Cecchi, FAO/PAAT)

#### 5.3.4 Modèle de dynamique des populations

Les modèles actuellement utilisés sont principalement ceux de Hargrove, qui sont des modèles analytiques basés sur une théorie stochastique des naissances/mortalités, avec des probabilités de transition entre matrices d'âge (Hargrove 2003).

Dans un premier temps, ces modèles seront spatialisés de manière réaliste, c'est-à-dire que les lois développées par Hargrove (comme la probabilité d'extinction), seront utilisés dans un contexte spatial complexe, en utilisant la théorie des métapopulations de Hanski (Hanski and Gaggiotti 2004). Cette théorie est basée sur la représentation de l'espace comme une série d'îlots d'habitat favorable plus ou moins interconnectés les uns aux autres. On définit alors la probabilité qu'un îlot soit habité au temps  $t+1$  en fonction de son statut et de celui des autres patches interconnectés avec celui-ci au temps  $t$  grâce à des lois de Bernoulli avec comme paramètres le taux d'extinction et de colonisation. Le taux de colonisation est donné par la fonction d'incidence de Hanski, qui dépend de la taille de l'îlot et de sa distance à ses voisins.

Des tests préliminaires réalisés par S. L. Peck, on déjà montré un résultat majeur en cours de publication : si l'on prend la probabilité d'extinction définie par Hargrove, et tous les paramètres démographiques prédisant un taux d'extinction de 100% quand l'espace n'est pas représenté (un taux de mortalité des femelles adultes de 3% est alors considéré comme suffisant pour éradiquer une population (Hargrove 2003)), et qu'on l'applique à une métapopulation, alors la probabilité d'extinction de cette métapopulation devient nulle, une

partie des patches restant toujours occupée. Ce qui signifie que la prise en compte de la structure spatiale inverse la prédiction de probabilité d'extinction, de 100% à 0% !

Une seconde étape sera de remplacer les modèles analytiques utilisés par des modèles de simulation individus-centrés. Ces modèles permettront de prendre en compte des caractéristiques complexes des glossines, qui rendront les prédictions plus réalistes, en particulier :

- générations chevauchantes,
- apprentissage trophique,
- performance sexuelle âge-dépendante,
- dispersion et mortalité densité-dépendantes,
- philopatrie (notion d'ambit),
- etc...

A chaque étape, les modèles seront évalués par des données de terrain, et également par la comparaison de leurs prédictions aux modèles plus simples, afin de vérifier la robustesse de leurs prédictions. Par exemple, si l'on considère que 100% de la matrice est un îlot dans le modèle de métapopulation, on doit retomber sur les prédictions du modèle de Hargrove.

Le modèle sera utilisé tout au long de la phase d'éradication des glossines dans la zone des Niayes, après avoir été paramétré grâce aux suivis entomologiques longitudinaux, et permettra de créer un témoin virtuel de la situation si aucune action de lutte n'était menée, et ainsi de quantifier précisément l'impact des techniques de lutte utilisées. Des zones d'apprentissage de 25km<sup>2</sup> (2 par technique) seront utilisées pour analyser l'impact des techniques utilisées seules (lâchers expérimentaux de mâles stériles, écrans imprégnés, bétail imprégné, pulvérisation ULV des gîtes). Le modèle sera alors utilisé sur l'ensemble de la zone de lutte pour comprendre l'effet de l'intégration des différentes techniques sur la dynamique des populations de glossines. Il permettra d'optimiser cette intégration et participera à la réussite du programme d'éradication.

#### **5.4. Considérations éthiques**

Aucune considération éthique particulière à signaler.

#### **5.5. Faisabilité**

##### *5.5.1 Moyens humains*

A l'initiative de M. Vreysen (Division d'entomologie conjointe FAO/AIEA), spécialiste de l'AW-IPM (Vreysen et al. 2007, Vreysen and Robinson 2010) et un des principaux acteurs de l'élimination de *G. austeni* à Zanzibar (Vreysen et al. 2000), nous avons engagé une collaboration fructueuse avec un modélisateur, S. L. Peck (Université de Brigham-Young, USA), qui a utilisé des modèles individu-centrés sur des ravageurs de culture, dans le cadre de la gestion des résistances (Storer et al. 2003).

Ce collaborateur vient compléter nos collaborateurs habituels en génétique des populations (S. Ravel, P. Solano, T. de Meeüs, UMR IRD-CIRAD Trypanosomoses) et en modélisation de l'espace (R. Lancelot, UMR CIRAD CMAEE et L. Guerrini UPR CIRAD AGIRs).

De plus, G. Cecchi (programme PAAT, FAO) sera également partenaire sur cette dernière discipline (Cecchi et al. 2008), pour la modélisation de l'espace et les cartes de distribution.

Enfin, au Sénégal, M. T. Seck (Responsable du laboratoire de parasitologie de l'ISRA-LNERV) et B. Sall (Coordonateur National du projet d'élimination des glossines) sont des collaborateurs très efficaces qui ont acquis une très bonne connaissance du terrain, de l'écologie de l'espèce ciblée dans cette zone et des techniques de suivi entomologique (piégeage, dissection, élevage, etc...). Je suis moi-même affecté à l'ISRA-LNERV par le CIRAD comme conseiller technique de ce projet d'élimination depuis décembre 2008. De plus, trois techniciens entomologistes sont affectés à plein temps à ce projet à l'ISRA, ainsi qu'une équipe d'une dizaine d'agents vétérinaires à temps partiels, qui ont été formés au CIRDES pendant 3 à 4 mois et ont activement participé à la collecte des données entomologiques de base présentées dans la section Bilan.

En ce qui concerne les étudiants, il est prévu d'inclure dans le projet 5 stages de Master (1 sur les analyses de fragmentation et cartes de distribution, 1 sur les suivis démographiques et protocoles de lâchers-recaptures, 1 sur la génétique des populations et 2 sur les modèles de dynamique des populations), ainsi qu'une thèse universitaire basée au Sénégal sur les modèles de dynamique des populations, avec deux séjours de 3 mois à l'Université Brigham Young (USA) en milieu (fin 2011) et fin (2013) de projet, couplée à un Post-doc basé dans cette Université, et qui réalisera des missions de terrain au Sénégal (2 mois en 2011, 2012, 2013).

#### 5.5.2 Moyens matériels et sources de financement

Ce projet faisant partie de la recherche d'accompagnement du projet d'élimination des glossines dans les Niayes, il bénéficie de ses moyens logistiques et d'une partie de ses financements. Deux véhicules 4\*4 sont déjà affectés au projet d'élimination (dont 1, par le CIRAD, à ce projet de recherche) et un autre ainsi que 5 motos sont prévus à partir de 2011. Un insectarium autonome est de plus disponible à l'ISRA : il a été construit sur financement AIEA et il est équipé de tout le matériel nécessaire à la réalisation des lâchers expérimentaux.



Fig. 6. Présentation des équipements disponibles à l'insectarium de l'ISRA-LNERV (photos M. T. Seck)

Par ailleurs, l'AIEA et le Sénégal financent le projet d'élimination des glossines (€89 103 sur la période 2008-2010, €92 970 prévus en 2011, €466 412 en 2012 et €127 480 en 2013). L'AIEA affecte en outre un budget aux lâchers expérimentaux de mâles stériles de €15 à 20 000 depuis 2009 (M. T. Seck en est le coordonnateur). Enfin, l'AIEA finance l'insectarium du CIRDES, qui doit être notre principal pourvoyeur de glossines, à travers un budget régional : ainsi, 169 000 glossines sont déjà commandées au CIRDES (dont 12 000 pupes déjà livrées) et sont à notre disposition sur simple demande pour la réalisation des lâchers expérimentaux.

Le CIRAD finance également mon salaire et €5000 de budget de fonctionnement annuel sur ce projet, ainsi que les salaires de R. Lancelot et L. Guerrini.

Enfin, nous sommes en train de monter un projet de recherche qui sera déposé à la NFS en Juillet 2010 (~\$1 million/4ans). Ce projet sera coordonné par S. L. Peck, et j'en suis co-investigateur principal (co-PI) et il représente une grosse partie des activités présentées ici, ainsi que tous les collaborateurs. S'il ne passe pas cette année, nous prévoyons de déposer le même projet à l'ANR en 2011, coordonné cette fois par le CIRAD (moi-même).

### 5.5.3 *Risques*

L'équipe a une longue expérience de collaboration et une expertise reconnue dans chacun des domaines abordés. Le risque financier est considéré comme faible car les partenaires impliqués ont décidé de mettre les moyens nécessaires pour faire aboutir ce projet.

Cependant, les études envisagées sont difficiles, et il est possible que nous ne parvenions pas faire converger les modèles avec les données entomologiques réelles, car le fonctionnement d'une métapopulation est très compliqué. Il est notamment possible que la structure des populations actuellement observée ne puisse pas être reproduite par simulation à partir de paramètres démographiques, faute d'avoir réussi à intégrer la complexité du comportement des glossines. Dans ce cas, nous utiliserons les modèles pour émettre des hypothèses plus générales et identifier de nouvelles questions de recherche sur le comportement et l'écologie des glossines. Par ailleurs, le projet de lutte sera alors abordé de manière plus empirique (en tapant aussi fort qu'il faudra...), quitte à diminuer sa rentabilité et à augmenter sa durée.

Il est également possible que le projet d'éradication échoue faute d'avoir réussi à éliminer jusqu'à la dernière mouche, mais cela ne représente pas un risque pour ce projet de recherche, qui permettra alors de mieux comprendre les raisons de l'échec.

## 5.6. Organisation du projet

Activités	Responsable	2009	2010	2011	2012	2013
Analyses de fragmentation	J. Bouyer	x	x	x		
Cartes de distribution	J. Bouyer	x	x	x		
Suivis démographiques	M. T. Seck	x	x	x	x	x
Lâchers-recaptures	J. Bouyer		x	x	x	x
Génétique/Niayes	T. de Meeûs			x	x	
Génétique/Af de l'Ouest	T. de Meeûs	x	x	x		
Modèles de dynamique des populations	S. L. Peck			x	x	x
Coordination	J. Bouyer	x	x	x	x	x
Publication	-	x	x	x	x	x
Suppression (pour information, hors projet)	B. Sall		x	x		
Elimination (pour information, hors projet)	B. Sall			x	x	x

## 6. Références citées dans le bilan et le projet de recherche

- Akoda, K. 2009.** Effect of nutritional stress on the tsetse fly's vector competence and its implications on trypanosome transmission in the field, pp. 122. Faculty of Veterinary Medicine, Ghent University, Ghent.
- Barclay, H. J., and J. W. Hargrove. 2005.** Probability models to facilitate a declaration of pest-free status, with special reference to tsetse (Diptera: Glossinidae). Bull. Entomol. Res. 95: 1-11.
- Bauer, B., S. Amsler-Delafosse, I. Kaboré, and M. Kamuanga. 1999.** Improvement of cattle productivity through rapid alleviation of African Trypanosomosis by integrated disease management practices in the Agropastoral zone of Yalé, Burkina Faso. Trop. Anim. Health Prod. 31: 89-102.
- Bauer, B., D. Gitau, F. P. Oloo, and S. M. Karanja. 2005.** Evaluation of a preliminary trial to protect zero-grazed dairy cattle with insecticide-treated mosquito netting in Western Kenya. Trop. Anim. Health Prod. 38: 31-36.
- Bouyer, F. 2009a.** Adoption d'une nouvelle méthode de lutte sanitaire en milieu paysan: le pédiluve acaricide/insecticide au Burkina Faso, pp. 51. Université polytechnique de Bobo Dioulasso, Bobo Dioulasso.
- Bouyer, F., A. Belem, H. Seyni, H. Adakal, R. Lancelot, and J. Bouyer. 2009a.** Adoption du pédiluve acaricide/insecticide au Burkina Faso, pp. 18-35, Evaluation des impacts des innovations dans les systèmes de production et les territoires agropastoraux d'Afrique de l'Ouest : quelles méthodes, quels indicateurs ? CIRAD, CIRDES, Agence Universitaire de la Francophonie, Corus, Ouagadougou.
- Bouyer, J. 2006.** Ecologie des glossines du Mouhoun au Burkina Faso : intérêt pour l'épidémiologie et le contrôle des trypanosomoses africaines, pp. 206, Parasitologie. Université Montpellier II, Montpellier, France.
- Bouyer, J. 2007.** Les tsé-tsé, mouches intelligentes ? (1ere partie) Comportement alimentaire des glossines. Insectes 145: 29-32.
- Bouyer, J. 2009b.** Les tsé-tsé, mouches intelligentes? (2eme partie) La dispersion des glossines. Insectes 153: 21-24.
- Bouyer, J., and Z. Bengaly. 2006.** Evaluation de la situation entomologique et épidémiologique en vue de l'élaboration d'un plan de lutte contre les trypanosomoses



- animales et leur vecteur dans la zone d'intervention du PAEOB, pp. 30. CIRDES/CIRAD, Bobo Dioulasso, Burkina Faso.
- Bouyer, J., and Z. Bengaly. 2007.** Evaluation de la situation entomologique et épidémiologique en vue de l'élaboration d'un plan de lutte contre les trypanosomoses animales et leur vecteur dans la zone d'intervention du PAEOB: enquêtes complémentaires, pp. 15. CIRDES/CIRAD, Bobo Dioulasso, Burkina Faso.
- Bouyer, J., D. Cuisance, S. Messad, and P. M. Guerin. 2005a.** Learning affects host preference in tsetse flies. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.* 58: 27-29.
- Bouyer, J., F. Stachurski, A. S. Gouro, and R. Lancelot. 2008a.** Traitement insecticide des bovins contre les glossines par pédiluve en conditions expérimentales. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.* 61: in press.
- Bouyer, J., P. Solano, Z. Bengaly, and R. Lancelot. 2008b.** Impact potentiel de l'apprentissage sur la transmission des pathogènes : l'exemple de la maladie du sommeil Atelier, Biologie des interactions vecteur-agent pathogènes. CIRAD, Montpellier.
- Bouyer, J., F. Stachurski, A. Gouro, and R. Lancelot. 2009b.** Control of bovine trypanosomosis by restricted application of insecticides to cattle using footbaths. *Vet. Parasitol.* 161: 187–193.
- Bouyer, J., L. Guerrini, J. César, S. de la Rocque, and D. Cuisance. 2005b.** A phytosociological analysis of the distribution of riverine tsetse flies in Burkina Faso. *Med. Vet. Entomol.* 19: 372-378.
- Bouyer, J., L. Guerrini, M. Desquesnes, S. de la Rocque, and D. Cuisance. 2006.** Mapping African Animal Trypanosomosis risk from the sky. *Vet. Res.* 37: 633–645.
- Bouyer, J., A. Sibert, M. Desquesnes, D. Cuisance, and S. de La Rocque. 2007a.** A model of diffusion of *Glossina palpalis gambiensis* (Diptera: Glossinidae) in Burkina Faso, pp. 221-228. *In* M. J. B. Vreysen, Robinson A.S. and J. Hendrichs (eds.), *Area-wide Control of Insect Pests. From Research to Field Implementation*. Springer, Dordrecht, The Netherlands.
- Bouyer, J., F. Stachurski, I. Kaboré, B. Bauer, and R. Lancelot. 2007b.** Tsetse control in cattle from pyrethroid footbaths. *Prev. Vet. Med.* 78: 223-238.
- Bouyer, J., M. Pruvot, Z. Bengaly, P. M. Guerin, and R. Lancelot. 2007c.** Learning influences host choice in tsetse. *Biol. Lett.* 3: 113-116.
- Bouyer, J., M. T. Seck, B. Sall, L. Guerrini, and M. J. B. Vreysen. 2010a.** Stratified entomological sampling in preparation of an area-wide integrated pest management programme: the example of *Glossina palpalis gambiensis* in the Niayes of Senegal. *J. Med. Entomol.* 47(4): in press.
- Bouyer, J., S. Ravel, J.-P. Dujardin, I. Sidibé, M. J. B. Vreysen, T. De Meeûs, and P. Solano. 2008c.** Population structure of *Glossina palpalis gambiensis* (Diptera: Glossinidae) in Burkina Faso and its consequences for area-wide integrated pest management. *J. Med. Entomol.* submitted.
- Bouyer, J., T. Balenghien, S. Ravel, L. Vial, I. Sidibé, S. Thévenon, P. Solano, and T. De Meeûs. 2009c.** Population sizes and dispersal pattern of tsetse flies: rolling on the river? *Mol. Ecol.* 18: 2787–2797.
- Bouyer, J., S. Ravel, L. Guerrini, J. P. Dujardin, I. Sidibé, M. J. B. Vreysen, P. Solano, and T. De Meeûs. 2010b.** Population structure of *Glossina palpalis gambiensis* (Diptera: Glossinidae) between river basins in Burkina-Faso: consequences for area-wide integrated pest management. *Inf. Gen. Evol.* 10: 321-328.



- Bouyer, J., S. Ravel, L. Vial, S. Thévenon, J.-P. Dujardin, T. de Meeus, L. Guerrini, I. Sidibé, and P. Solano. 2007d.** Population structuring of *Glossina palpalis gambiensis* (Diptera: Glossinidae) according to landscape fragmentation in the Mouhoun river, Burkina Faso. *J. Med. Entomol.* 44: 788-795.
- Camara, M., H. Harling Caro-Riaño, S. Ravel, J.-P. Dujardin, J.-P. Hervouet, T. de Meeüs, M. S. Kagbadouno, J. Bouyer, and P. Solano. 2006.** Genetic and morphometric evidence for isolation of a tsetse (Diptera: Glossinidae) population (Loos islands, Guinea). *J. Med. Entomol.* 43: 853 - 860.
- Cecchi, G., and R. C. Mattioli. 2009.** Geospatial datasets and analyses for an environmental approach to African trypanosomiasis, Rome.
- Cecchi, G., R. C. Mattioli, J. Slingenbergh, and S. De La Rocque. 2008.** Land cover and tsetse fly distributions in sub-Saharan Africa. *Med. Vet. Entomol.* 22: 364-373.
- Challier, A. 1973.** Ecologie de *Glossina palpalis gambiensis* Vanderplank, 1949 (Diptera-Muscidae) en savane d'Afrique occidentale. ORSTOM, Paris.
- Courtin, F., I. Sidibé, J. Rouamba, V. Jammoneau, A. Gouro, and P. Solano. 2009.** Impacts observés des évolutions démographiques et climatiques sur la répartition spatiale des hommes, des tsé-tsé et des trypanosomes en Afrique de l'Ouest. *Parasite* 16: 3-10.
- Courtin, F., J.-B. Rayaissé, I. Tamboura, O. Serdébéogo, Z. Koudougou, P. Solano, and I. Sidibé. 2010.** Updating the Northern Tsetse Limit in Burkina Faso (1949–2009): Impact of Global Change. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 7: 1708-1719.
- Cuisance, D., J. Février, J. Dejardin, and J. Filledier. 1985.** Dispersion linéaire de *Glossina palpalis gambiensis* et *G. tachinoides* dans une galerie forestière en zone soudano-guinéenne (Burkina Faso). *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.* 38: 153-172.
- de La Rocque, S., J. F. Michel, J. Bouyer, G. De Wispelaere, and D. Cuisance. 2005.** Geographical Information Systems in parasitology: a review of potential applications using the example of animal trypanosomosis in West Africa. *Parassitologia* 47: 97-104.
- de la Rocque, S., J. F. Michel, D. Cuisance, G. De Wispeleare, P. Solano, X. Augusseau, M. Arnaud, and S. Guillobez. 2001.** Du satellite au microsatellite. Le risque trypanosomien. Une approche globale pour une décision locale. CIRAD, Montpellier.
- De Meeüs, T., K. D. McCoy, F. Prugnolle, C. Chevillon, P. Durand, S. Hurtrez-Boussès, and F. Renaud. 2007.** Population genetics and molecular epidemiology or how to "débusquer la bête". *Inf. Gen. Evol.* 7: 308-332.
- Desquesnes, M., F. Biteau-Coroller, J. Bouyer, M. L. Dia, and L. D. Foil. 2009.** Development of a mathematical model for mechanical transmission of trypanosomes and other pathogens of cattle transmitted by tabanids. *Int. J. Parasitol.* 39: 333-346.
- Enserink, M. 2007.** Welcome to Ethiopia's fly factory. *Science* 317: 310-313.
- Gouteux, J. P., M. Artzrouni, and M. Jarry. 2001.** A density-dependant model with reinvasion for estimating tsetse fly populations (Diptera: Glossinidae) through trapping. *Bull. Entomol. Res.* 91: 177-183.
- Grimm, V., and S. F. Railsback. 2005.** Individual-based Modeling and Ecology. Princeton University Press, Princeton.
- Guerrini, L. 2009.** Le risque trypanosomien dans le bassin du Mouhoun au Burkina Faso : approches paysagères, pp. 260, GESTER. Université Paul-Valéry, Montpellier III, Montpellier.

- Guerrini, L., and J. Bouyer. 2007.** Mapping African Animal Trypanosomosis risk: the landscape approach. *Vet. Ital.* 43: 643-654.
- Guerrini, L., I. Sidibé, and J. Bouyer. 2009.** Tsetse distribution in the Mouhoun river basin (Burkina Faso): the role of global and local geospatial datasets, pp. 41-52. *In* FAO (ed.), *Geo-spatial datasets and analyses for an environmental approach to African trypanosomiasis*. PAAT Position paper. FAO, Rome.
- Guerrini, L., J. P. Bord, E. Ducheyne, and J. Bouyer. 2008.** Fragmentation analysis for prediction of suitable habitat for vectors: the example of riverine tsetse flies in Burkina Faso. *J. Med. Entomol.* 45: 1180-1186.
- Hanski, I., and O. E. Gaggiotti. 2004.** *Ecology, genetics and evolution of metapopulations*. Elsevier Academic Press, Amsterdam, Boston, Heidelberg, London, New York, Oxford, Paris, San Diego, San Francisco, Singapore, Sidney, Tokyo.
- Hargrove, J. W. 2000.** A theoretical study of the invasion of cleared areas by tsetse flies (Diptera: Glossinidae). *Bull. Entomol. Res.* 90: 201-209.
- Hargrove, J. W. 2003.** Tsetse eradication: sufficiency, necessity and desirability. Centre for Tropical Veterinary Medicine, University of Edinburgh.
- Hargrove, J. W., and K. Lange. 1989.** Tsetse dispersal viewed as a diffusion process. *Transactions of the Zimbabwe Scientific Association* 64: 1-8.
- Hougard, J. M., E. S. Alley, L. Yaméogo, K. Y. Dadzie, and B. A. Boatin. 2001.** Eliminating Onchocerciasis after 14 Years of Vector Control: A Proved Strategy. *The Journal of Infectious Diseases* 184: 497-503.
- Jackson, C. H. N. 1941.** The Economy of a Tsetse Population. *Bull. Entomol. Res.* 32: 53-55.
- Kagbadouno, M., M. Camara, J. Bouyer, J. P. Hervouet, V. Jamonneau, and P. Solano. 2008.** Tsetse elimination: its interest and feasibility in the historical sleeping sickness focus of loos islands, Guinea. *Parasite* 16: 29-35.
- Kgori, P. M., S. Modo, and S. J. Torr. 2006.** The use of aerial spraying to eliminate tsetse from the Okavango Delta of Botswana. *Acta Trop.* 99: 184-199.
- Kone, N., T. de Meeus, J. Bouyer, S. Ravel, L. Guerrini, E. Ngoran, and L. Vial. 2010.** Population Structuring of *Glossina tachinoides* (Diptera: Glossinidae) According to Landscape Fragmentation in the Mouhoun River Basin, Burkina Faso. *Med. Vet. Entomol.* 24: 162-168.
- Koné, N., E. Z. N'Goran, I. Sidibé, A. W. Kombasséré, and J. Bouyer. 2009.** Seasonal dynamics of tsetse (Diptera: Glossinidae) and other biting flies (Diptera: Tabanidae and Stomoxinae) in the Mouhoun river basin, Burkina Faso, 30th ISCTRC Meeting. UA, Kampala, Uganda.
- Koné, N., E. K. N'Goran, I. Sidibé, A. W. Kombassere, and J. Bouyer. 2010.** Spatio-temporal distribution of tsetse (Diptera: Glossinidae) and other biting flies (Diptera: Tabanidae and Stomoxinae) in the Mouhoun River Basin, Burkina Faso. *Med. Vet. Entomol.* soumis.
- Masumu, J., T. Marcotty, D. Geysen, S. Geerts, J. Vercruysse, P. Dorny, and P. Van den Bossche. 2006.** Comparison of the virulence of *Trypanosoma congolense* strains isolated from cattle in a trypanosomiasis endemic area of eastern Zambia. *Int. J. Parasitol.* 36: 497-501.
- Métras, R. 2007.** Impact of landscape fragmentation and seasonal variations on trypanosomosis in cattle, in the Mouhoun river basin in Burkina Faso, pp. 22. University of London, London.

- Métras, R., J. Bouyer, H. Vitouley, N. Koné, and R. Lancelot. 2008.** Impact of landscape fragmentation and season on cattle trypanosomosis, in the Mouhoun river basin, Burkina Faso. *In* SFP [ed.], Xth European multicolloquium of parasitology, Paris.
- Mitchell, S. D. 2003.** Biological Complexity and Integrative Pluralism. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Morel, P. C. 1978.** Les arbres et arbustes des savanes ouest-africaines (Document pour l'étude de l'écologie des glossines). Gesellschaft für technische Zusammenarbeit, Eschborn, Deutsche Bundesrepublik.
- Peck, S. 2008.** The hermeneutics of ecological simulation. *Biology and Philosophy* 23: 383-402.
- Peck, S. L. 2004.** Simulation as experiment: a philosophical reassessment for biological modeling. *Trends in Ecology and Evolution* 19: 530-534.
- Reifenberg, J. M., D. Cuisance, J. L. Frezil, G. Cuny, and G. Duvallet. 1997.** Comparison of the susceptibility of different *Glossina* species to simple and mixed infections with *Trypanosoma* (*Nannomonas*) *congolense* savannah and riverine forest types. *Med. Vet. Entomol.* 11: 246-252.
- Riley, J. R., J. W. Chapman, D. R. Reynolds, and A. D. Smith. 2007.** Recent applications of radar to entomology. *Outlooks on Pest Management* 1.
- Rogers, D. 1977.** Study of a natural population of *Glossina fuscipes fuscipes* Newstead and a model of fly movement. *J. anim. Ecol.* 46: 309-330.
- Rogers, D. J. 1988.** A general model for African Trypanosomiasis. *Parasitol.* 10: 193-212.
- Rogers, D. J. 1990.** A general model for tsetse populations. *Insect Sci. Applic.* 11: 331-346.
- Rogers, D. J., and S. E. Randolph. 1991.** Mortality rate and population density of tsetse flies correlated with satellite imagery. *Nature* 351: 739-741.
- Rogers, D. J., S. I. Hay, and M. J. Packer. 1996.** Predicting the distribution of tsetse flies in West Africa using temporal Fourier-processed meteorological-satellite data. *Ann. Trop. Med. Parasitol.* 90: 225-241.
- Smith, D. L., J. Dushoff, and F. E. McKenzie. 2004.** The risk of a mosquito-borne infection in a heterogeneous environment. *Plos Biology* 2: 1957-1964.
- Solano, P., S. Ravel, and T. de Meeus. 2010a.** How can tsetse population genetics contribute to African trypanosomiasis control? *Trends Parasitol.* 26: 255-263.
- Solano, P., G. Duvallet, V. Dumas, D. Cuisance, and G. Cuny. 1997.** Microsatellite markers for genetic population studies in *Glossina palpalis* (Diptera : Glossinidae). *Acta Trop.* 65: 175-180.
- Solano, P., S. de La Rocque, T. de Meeus, G. Cuny, G. Duvallet, and D. Cuisance. 2000.** Microsatellite DNA markers reveal genetic differentiation among populations of *Glossina palpalis gambiensis* in the agropastoral zone of Sideradougou, Burkina Faso. *Insect Mol. Biol.* 9: 433-439.
- Solano, P., S. Ravel, J. Bouyer, M. Camara, M. S. Kagbadouno, N. Dyer, L. Gardes, D. Herault, M. J. Donnelly, and T. De Meeûs. 2009.** The population structure of *Glossina palpalis gambiensis* from island and continental locations in coastal Guinea. *PloS Negl. Trop. Dis.* 3: e392.
- Solano, P., D. Kaba, S. Ravel, N. Dyer, B. Sall, M. J. B. Vreysen, M. T. Seck, H. Darbyshir, L. Gardes, M. J. Donnelly, T. de Meeûs, and J. Bouyer. 2010b.** Tsetse population genetics as a tool to choose between suppression and elimination: the case of the Niayes area in Senegal. *PLoS Negl Trop Dis* 4: e692.

- Stachurski, F. 2006.** Attachment kinetics of the adult tick *Amblyomma variegatum* to cattle. *Med. Vet. Entomol.* 20: 317-324.
- Stachurski, F., and R. Lancelot. 2006.** Foot-bath acaricide treatment to control cattle infestation by the tick *Amblyomma variegatum*. *Med. Vet. Entomol.* 20: 402-412.
- Stachurski, F., J. Bouyer, and F. Bouyer. 2006.** La lutte contre les ectoparasites des bovins par pédiluve : une méthode innovante utilisée en zone péri-urbaine sub-humide du Burkina Faso. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.* 58: 221-228.
- Storer, N. P., S. L. Peck, F. Gould, J. W. Van Duyn, and G. G. Kennedy. 2003.** Sensitivity Analysis of a Spatially-Explicit Stochastic Simulation Model of the Evolution of Resistance in *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) to Bt Transgenic Corn and Cotton. *J. Econ. Entomol.* 96: 173-187.
- Tibayrenc, R., J. Itard, and D. Cuisance. 1971.** Marquage des glossines par des poudres fluorescentes. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.* 24: 277-286.
- Torr, S. J., and J. W. Hargrove. 1998.** Factors affecting the landing and feeding responses of the tsetse fly *Glossina pallidipes* to a stationary ox. *Med. Vet. Entomol.* 12: 196-207.
- Touré, S. 1973.** Lutte contre *Glossina palpalis gambiensis* dans la région des niayes du Sénégal. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.* 26: 339-347.
- Touré, S. M. 1972.** Rapport sur les campagnes de lutte contre les glossines dans la région des Niayes du Sénégal en vue de l'éradication des trypanosomiasés, pp. 22. IEMVT, ISRA/LNERV, Dakar.
- Vale, G. A., and S. J. Torr. 2005.** User-friendly models of the costs and efficacy of tsetse control: application to sterilizing and insecticidal techniques. *Med. Vet. Entomol.* 19: 293-305.
- Van den Bossche, P., S. de La Rocque, G. Hendrickx, and J. Bouyer. 2010.** A changing environment and the epidemiology of tsetse-transmitted livestock trypanosomiasis. *Trends Parasitol.* 26(5): 236-243.
- Vitouley, S. N. 2007.** Evaluation de la prévalence et de l'incidence des trypanosomoses animales africaines en fonction de la dégradation des habitats des glossines, pp. 88. Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Dakar.
- Vreysen, M., and A. S. Robinson. 2010.** Ionising radiation and area-wide management of insect pests to promote sustainable agriculture. A review. *Agronomy for sustainable development* DOI: 10.1051/agro/2010009.
- Vreysen, M., A. S. Robinson, and J. Hendrichs. 2007.** Area-Wide Control of Insect Pests, From research to field implementation. Springer, Dordrecht, The Netherlands.
- Vreysen, M. J. B., K. M. Saleh, M. Y. Ali, A. M. Abdulla, Z.-R. Zhu, K. G. Juma, V. A. Dyck, A. R. Msangi, P. A. Mkonyi, and H. U. Feldmann. 2000.** *Glossina austeni* (Diptera: Glossinidae) Eradicated on the Island of Unguja, Zanzibar, Using the Sterile Insect Technique. *J. Econ. Entomol.* 93: 123-135.
- Weitz, B. 1963.** The feeding habits of *Glossina*. *Bull. World Health Organ.* 28: 711-729.
- WHO. 1996.** Report of the WHO informal consultation on the evaluation and testing of insecticides., pp. CTD/WHOPES/IC/96.1. Division of Control of Tropical Diseases, World Health Organization, Geneva: WHO Pesticide Evaluation Scheme.
- Wyss, J. H. 2006.** Screwworm Eradication in the Americas. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 916: 186-193.

## 7. Liste des publications jointes au document

1. **Bouyer, J.**, L. Guerrini, J. César, S. de la Rocque, and D. Cuisance. 2005. A phytosociological analysis of the distribution of riverine tsetse flies in Burkina Faso. *Med. Vet. Entomol.* 19: 372-378.
2. **Bouyer, J.**, L. Guerrini, M. Desquesnes, S. de la Rocque, and D. Cuisance. 2006. Mapping African Animal Trypanosomosis risk from the sky. *Vet. Res.* 37: 633-645.
3. **Bouyer, J.**, A. Sibert, M. Desquesnes, D. Cuisance, and S. de La Rocque. 2007a. A model of diffusion of *Glossina palpalis gambiensis* (Diptera: Glossinidae) in Burkina Faso, pp. 221-228. In M. J. B. Vreysen, Robinson A.S. and J. Hendrichs (eds.), *Area-wide Control of Insect Pests. From Research to Field Implementation*. Springer, Dordrecht, The Netherlands.
4. **Bouyer, J.**, F. Stachurski, I. Kaboré, B. Bauer, and R. Lancelot. 2007b. Tsetse control in cattle from pyrethroid footbaths. *Prev. Vet. Med.* 78: 223-238.
5. **Bouyer, J.**, M. Pruvot, Z. Bengaly, P. M. Guerin, and R. Lancelot. 2007c. Learning influences host choice in tsetse. *Biol. Lett.* 3: 113-116.
6. Guerrini, L., J. P. Bord, E. Ducheyne, and **J. Bouyer**. 2008. Fragmentation analysis for prediction of suitable habitat for vectors: the example of riverine tsetse flies in Burkina faso. *J. Med. Entomol.* 45: 1180-1186.
7. **Bouyer, J.**, F. Stachurski, A. Gouro, and R. Lancelot. 2009. Control of bovine trypanosomosis by restricted application of insecticides to cattle using footbaths. *Vet. Parasitol.* 161: 187-193.
8. **Bouyer, J.**, T. Balenghien, S. Ravel, L. Vial, I. Sidibé, S. Thévenon, P. Solano, and T. De Meeûs. 2009. Population sizes and dispersal pattern of tsetse flies: rolling on the river? *Mol. Ecol.* 18: 2787-2797.
9. **Bouyer, J.**, M. T. Seck, B. Sall, L. Guerrini, and M. J. B. Vreysen. 2010a. Stratified entomological sampling in preparation of an area-wide integrated pest management programme: the example of *Glossina palpalis gambiensis* in the Niayes of Senegal. *J. Med. Entomol.* in press.
10. **Bouyer, J.**, S. Ravel, L. Guerrini, J. P. Dujardin, I. Sidibé, M. J. B. Vreysen, P. Solano, and T. De Meeûs. 2010b. Population structure of *Glossina palpalis gambiensis* (Diptera: Glossinidae) between river basins in Burkina-Faso: consequences for area-wide integrated pest management. *Inf. Gen. Evol.* 10: 321-328.
11. Solano, P., D. Kaba, S. Ravel, N. Dyer, B. Sall, M. J. B. Vreysen, M. T. Seck, H. Darbyshir, L. Gardes, M. J. Donnelly, T. de Meeûs, and **J. Bouyer**. 2010. Tsetse population genetics as a tool to choose between suppression and elimination: the case of the Niayes area in Senegal. *PLoS Negl Trop Dis* 4: e692.
12. Van den Bossche, P., S. de La Rocque, G. Hendrickx, and **J. Bouyer**. 2010. A changing environment and the epidemiology of tsetse-transmitted livestock trypanosomiasis. *Trends Parasitol.* 26(5): 236-243.

## 8. Bilan et réflexions sur les activités de formation et d'encadrement de la recherche

J'ai encadré de nombreux étudiants (plus de 12 de niveau master depuis 2002, soit environ 1,5/an sans compter les stages courts), ce qui m'a donné l'occasion de comprendre l'intérêt de cet encadrement pour transmettre des méthodes de travail et surtout ma passion pour la recherche. Une grande partie de ces stages ont abouti à des publications communes ou des présentations à des conférences et c'est devenu pour moi un objectif que de solder un stage de niveau master par une publication des résultats, car c'est une étape indispensable de l'apprentissage de la recherche.

Je suis actuellement impliqué dans l'encadrement technique de trois thésards (Côte d'Ivoire, Tchad, Burkina Faso) et dans le comité de thèse d'un autre thésard encadré par F. Simard (IRD) et j'apprécie de plus en plus de pouvoir diversifier mon activité au niveau des groupes étudiés (tiques, moustiques, bioindicateurs), tout en gardant une approche commune « santé et environnement », qui a été développée chez les tsétsé. Cela représente un réel enrichissement de mon activité.

De plus, je suis en charge de l'animation de l'équipe vecteurs de l'UMR Contrôle des maladies animales exotiques et émergentes (CMAEE) depuis janvier 2009 (fig. 1).

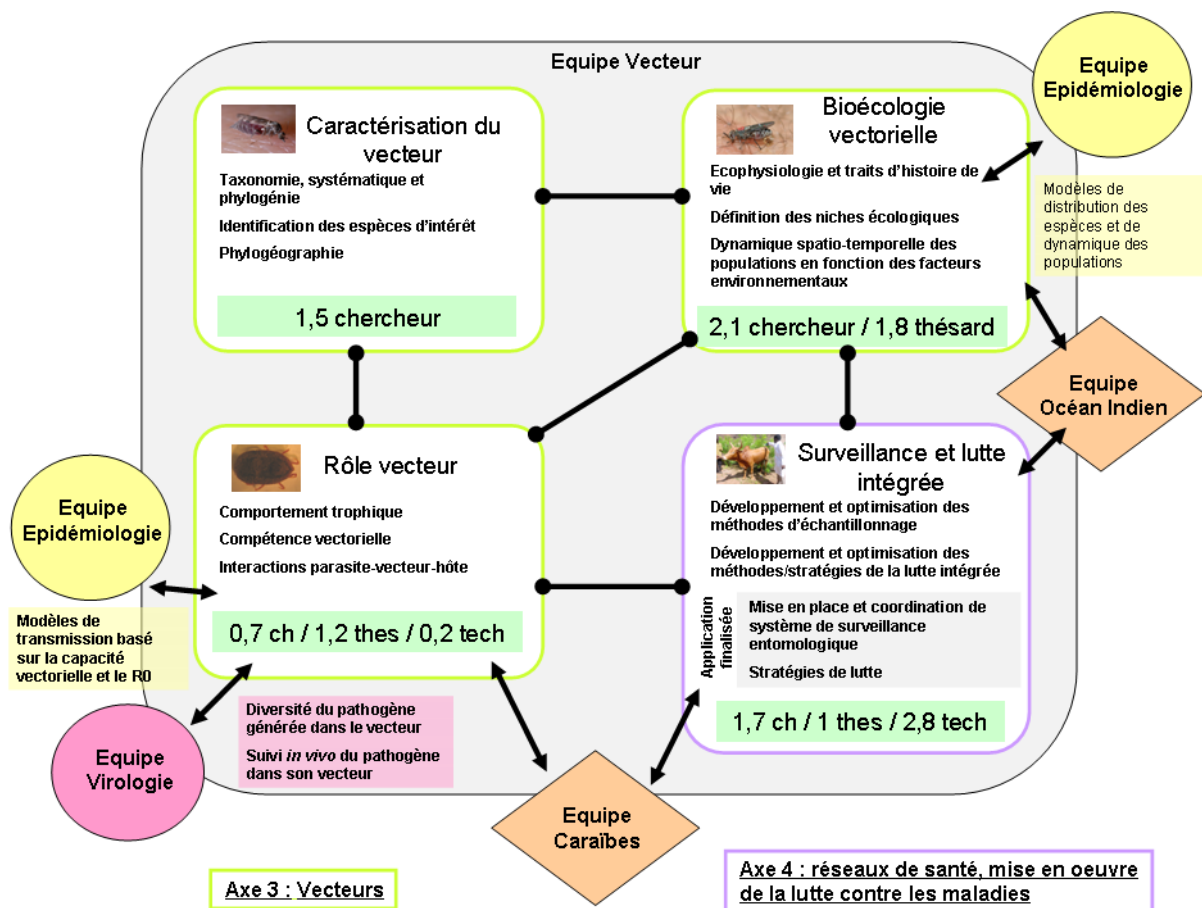


Fig. 1 Composition et thèmes de recherche de l'équipe vecteurs (les couleurs montrent l'intégration de ces thèmes dans les axes de l'UMR CMAEE).

Cette équipe, qui vient d'être créée, a pour objectif finalisé de mettre en place une lutte intégrée contre les vecteurs et les maladies associées, après leur caractérisation et une étude approfondie de leur bio-écologie et de leur rôle vecteur.

Les principaux modèles étudiés sont :

- les Culicoides, vecteurs des virus la fièvre catarrhale ovine (FCO), de la peste équine et de la maladie épizootique hémorragique (EHD) ;
- les glossines, vecteurs des trypanosomoses humaines et animales africaines ;
- la tique dure *Amblyomma variegatum*, vecteur de la coudriose, et associée à la dermatophilose ;
- les tiques molles ornithodores, vecteurs du virus de la peste porcine africaine (PPA).

Ces modèles d'importance économique majeure sont étudiés avec un corpus disciplinaire et méthodologique commun, et les glossines ont pour cette équipe une valeur générique, étant à l'origine de l'approche.

Notre équipe a été évaluée récemment (mars 2010) par l'AERES et son projet de recherche a été soutenu (note A). Il nous a cependant été conseillé d'acquérir au plus vite des habilitations à diriger des recherches, afin d'acquérir une plus grande autonomie pour le développement de questions de recherche innovantes, ce qui est à l'origine de ma démarche.

Etablissement support	Dépt1	Dépt2	Etablissements et organismes de rattachement	Unité ou équipe	Intitulé unité ou équipe	DIRECTEUR	Note Globale	Qualité scientifique et production	Rayonnement et attractivité, intégration dans l'environnement	Stratégie, gouvernance et vie du laboratoire	Appréciation du projet
CIRAD	SA		CIRAD - INRA	équipe	VECTEURS	MARTINEZ - BOUYER	A	A	A	A	A

Tab. 1 Bilan de l'évaluation de l'aeres (avril 2010)